

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE  
ET A LA DESTRUCTION DU HANNETON  
(*MELOLONTHA MELOLONTHA L.*)

OBSERVATIONS ET ESSAIS EFFECTUÉS A SARREBOURG EN 1949

PAR

R. GASSER et R. WIESMANN

I. — Introduction et données du problème

Nous nous sommes efforcés dès 1945 de résoudre le problème que pose la lutte contre les Hannetons au stade imaginal en traitant, au moyen de différents produits-D.D.T. (Gésarol), les végétaux exposés à la voracité de ces ravageurs. Les essais restreints que nous commençâmes en 1947 nous encouragèrent à entreprendre l'année suivante une action de grande envergure comportant un épandage aérien de poudre de Gésarol (WIESMANN, GASSER et GROB 35). Cette méthode de traitement visait à empoisonner les forêts d'essence feuillue qui assurent aux Hannetons la nourriture nécessaire à leur maturation sexuelle, de manière à détruire les insectes adultes sur place.

Ces essais démontrèrent que la poudre Gésarol permet bien la destruction d'un grand nombre de ravageurs (290 hannetons morts par m<sup>2</sup>), mais que l'adhérence de l'insecticide s'avère insuffisante du fait des précipitations pour neutraliser entièrement l'afflux continuels d'insectes aux lisières de forêts, qui se manifeste pendant toute la période assez longue du vol. L'expérience ne connut en conséquence qu'un succès partiel en ce qui concerne la réduction des populations de vers blancs, en raison de la faible persistance du dépôt toxique. Cette constatation nous engagea à tenter la mise au point d'un produit-D.D.T. résistant aux intempéries et susceptibles d'assurer la protection des végétaux durant toute la période du vol, puisque son adhérence prolongée devait permettre d'en espérer une efficacité d'ingestion certaine, en plus de l'action de contact habituelle.

## II. — Région soumise à l'essai (voir carte I)

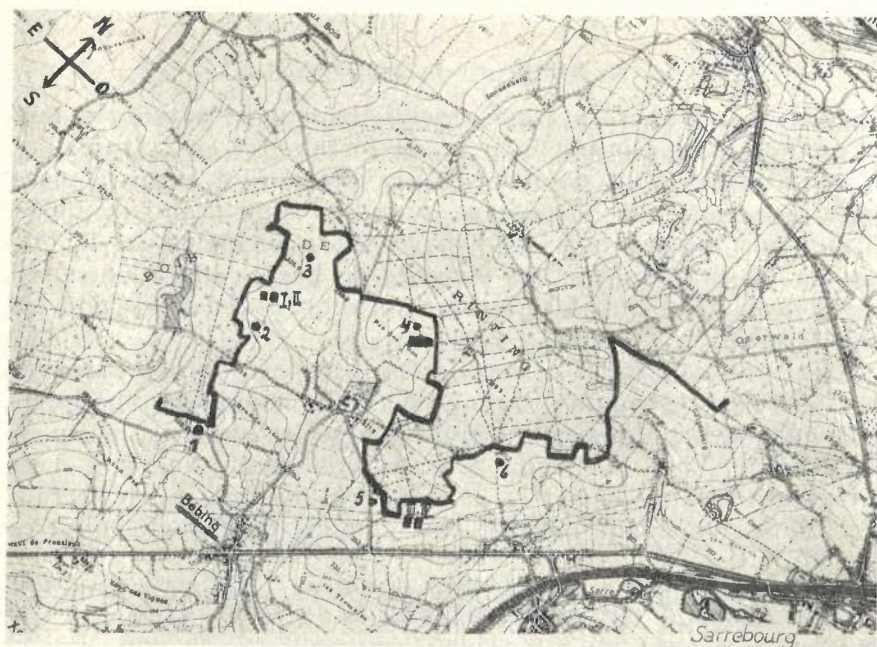
Etant donné qu'en 1949 le vol devait avoir lieu en Suisse dans une zone relativement limitée (SCHNEIDER-ORELLI, 26), nous nous vîmes contraints de recourir, pour notre expérience, à une région de France (cf. RÉGNIER, 18).

Nous fûmes autorisés à effectuer nos essais dans les environs de Sarrebourg, grâce à l'amabilité de M. RÉGNIER, directeur du Laboratoire de Zoologie Agricole du Nord-Ouest, et de M. E.-A. CAIRASCHI, inspecteur du Service de la Protection des Végétaux à Strasbourg. M. A. GAMMEL, directeur de l'École d'Agriculture de Sarrebourg eut également la complaisance de nous assister sans compter, et de nous permettre de prendre connaissance de ses documents relatifs aux dégâts de vers blancs en 1947-1948, ainsi que des observations météorologiques pour l'année 1949. Nous exprimons à ces messieurs notre sincère gratitude pour la manière dont ils ont facilité la réalisation de notre entreprise.

L'essai de Sarrebourg représentait une participation à la vaste campagne de lutte lancée par le gouvernement français en 1949 contre le régime de vol II (vol uranais) le plus important dans ce pays. (Etrepagny et Monthureux-sur-Saône) [Cf. BALLU (1), CAIRASCHI (6), RÉGNIER et JOARY (19), RÉGNIER et ARNOUX (20), TROUVELOT (29, 30, 31).] La forêt soumise à notre expérience est située au nord-ouest de Sarrebourg, au nord de la route nationale Sarrebourg-Metz. Elle se compose de deux bois : celui de Rinting et l'Oberwald. Tous deux couvrent la pente assez douce d'une colline de 300 à 320 mètres d'altitude dominant le haut plateau lorrain. Cette forêt se compose principalement de vieux Hêtres et de Charmes parmi lesquels sont disséminées d'autres essences feuillues, telles que de nombreux Chênes, des Erables champêtres et des Peupliers trembles. La forêt est bordée d'un sous-bois remarquablement compact.

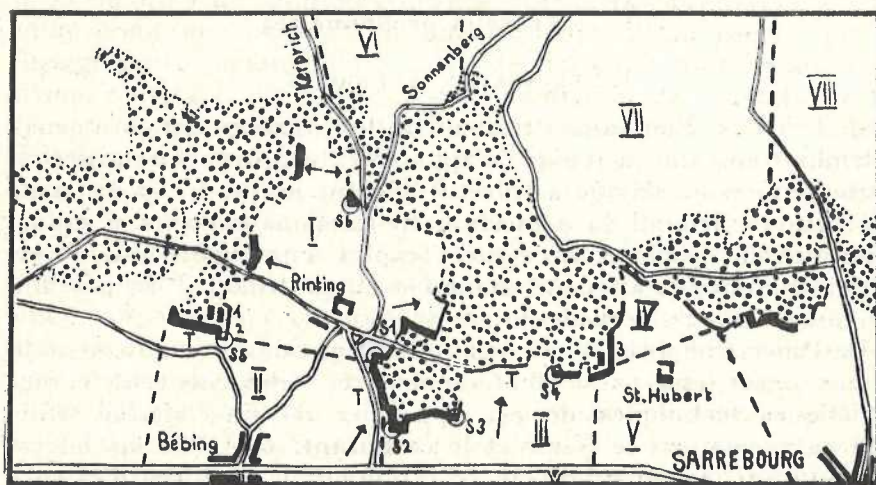
La lisière sud fut choisie pour l'essai : elle s'étend entre Winkelhoff et les hauteurs de Bebing. D'aspect très irrégulier elle montre des renforcements très prononcés à Saint-Hubert et près du domaine de Rinting. Aux approches de Saint-Hubert le terrain cultivé s'enfonce fort avant dans la forêt, coupant ainsi presque complètement le bois de Rinting de l'Oberwald.

Près de Rinting, la forêt est presque divisée par une large bande de terre ouverte, sur laquelle se trouve le domaine de Rinting. La campagne bordant la forêt dans le secteur de Saint-Hubert comprend surtout des pâturages à chevaux, parsemés de petits bosquets de Chêne et de Prunelliers, ainsi que quelques champs. Le secteur situé plus à l'ouest, limité au sud par la route



CARTE I. — Région soumise à l'essai

- |   |                                  |   |                          |
|---|----------------------------------|---|--------------------------|
| — | lisière traitée;                 | ■ | (I-IV) écrans de sortie; |
| ● | (1-6) postes de contrôle du vol; | ▬ | piste de fortune.        |



CARTE II. — Degré de l'invasion des lisières

- |                                  |                         |                                       |       |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------|
| - - -                            | nulle ou presque nulle; | Zones de Vers blancs (I-VIII).        | - - - |
| —                                | très faible;            | Parcelles de contrôle quotidien (1-3) | ■     |
| —                                | médiocre ou forte;      | Contrôle des arbres secoués (S 1-S 6) | ○     |
| —                                | très forte.             | Trappe                                | T     |
| Orientation du vol forestier.. ↗ |                         |                                       |       |

nationale, se compose presque essentiellement de pâturages, tandis qu'autour de Rinting le tiers du terrain est en culture.

Les pâturages sont de maigres prairies au sol excessivement dur et sec, tassé par le passage quotidien d'un grand troupeau de moutons. Les champs, où l'on cultive principalement le blé, le colza, les betteraves et les pommes de terre, comportent aussi un sol grossier et dur. L'agriculture pratiquée dans la région est très extensive.

De même que dans la région de Saint-Hubert, on observe dans les terrains avoisinant Rinting de très nombreux bosquets d'étendue variable. Il est vrai qu'ils ne se trouvent pas en aussi grand nombre que de l'autre côté des bois de Rinting, soit dans la région de Haut-Clocher et de Kerprich-aux-Bois, où le terrain de culture, fortement morcelé, est entouré de boqueteaux très touffus.

La région comprise dans notre essai est caractérisée par un climat rude et venté; les gels printaniers n'y sont pas rares : ce fait est confirmé par les pousses tardives et irrégulières que présentent les essences forestières feuillues, particulièrement les Hêtres. Toute la région est assez pauvre en pluie : la moyenne des précipitations de Sarrebourg atteint 700-800 mm (comparez le climatogramme graphique 1).

### III. — Travaux préliminaires

#### 1. PRÉPARATIFS TECHNIQUES

a) *Avion*. — Bien que le traitement de lisières puisse être généralement effectué à l'aide d'appareils terrestres (atomiseurs), l'intervention de l'avion s'avère cependant nécessaire pour assurer rationnellement la protection de certains secteurs étendus. L'application aérienne nécessite l'emploi d'un type d'avion courant, économique, aisément maniable et sur lequel il est possible de monter un pulvérisateur.

Le Piper Cub L 4 (\*) est le modèle répondant actuellement le mieux à ces exigences. Mentionnons très brièvement les caractéristiques techniques de cet appareil : 65 CV; charge utile, 220 kg, y compris le pilote et le carburant; tare, 330 kg, envergure 10,7 m; longueur 6,82 m; consommation 18 litres d'essence à l'heure; vitesse minimum de vol avec charge complète, 90 km à l'heure; vitesse minimum d'atterrissage, 65 km à l'heure; longueur minimum de la piste d'envol environ 200 m. Le grand désavantage du Piper Cub L 4 réside dans sa faible capacité de

(\*) Le Piper « Bebbi » fut aimablement mis à notre disposition par la Société Bâlair, aérodrome Sternenfeld, Bâle-Birsfelden.

charge (environ 90 kg) à laquelle on peut partiellement remédier en adoptant un pulvérisateur aussi léger que possible et en faisant usage d'une bouillie insecticide très concentrée.

Bien que nous nous soyons vu contraints d'employer un Piper Cub L 4, nous estimons que l'hélicoptère est l'appareil idéal pour ce genre de traitement. L'irrégularité des lisières envahies par les Hannetons crée au pilote des difficultés presque insurmontables et exige de lui une très grande habileté. L'usage d'un hélicoptère résoud ces difficultés dans une large mesure : il est à souhaiter que de tels appareils puissent jouer bientôt leur rôle dans de semblables entreprises à des conditions économiquement acceptables.

b) *Appareils de pulvérisation.* — La buse Venturi a servi de modèle pour l'appareil que les ateliers GEIGY réalisèrent sous la direction du Département de construction (\*). Le type original, décrit par R. J. RICE et al. (22), fut utilisé par ces auteurs pour l'application de solutions insecticides sur des nappes d'eau dans la lutte contre les moustiques. Les gaz d'échappement sont chassés à travers une tuyère à une vitesse de 200-400 kmh et pulvérisent la solution insecticide injectée centralement au point de leur passage le plus rapide. La finesse du brouillard peut varier du « Spray » grossier à « l'Aérosol », selon la forme de la buse et la quantité de solution entraînée. Les essais préliminaires démontrèrent que ce type de pulvérisateur ne se prêtait pas à l'usage prévu, notamment à cause de son débit trop faible. Nous avons remplacé, en conséquence, l'admission de l'insecticide au travers d'une conduite centrale, par un élément vertical, d'où la solution se trouve injectée par huit opercules au point d'étranglement de la tuyère (fig. 1). Les essais préliminaires entrepris au terrain d'aviation de Sternfeld près de Bâle (\*\*) nous amenèrent à conclure que la pulvérisation sous forme d'aérosol se prêtait mal à nos intentions, les brouillards formés, trop légers, étant emportés par le moindre déplacement d'air. La lutte contre les Hannetons impose la nécessité d'applications ajustées, comportant des gouttelettes de 100-1 000  $\mu$  de diamètre.

On put constater, en outre, que l'élément amenant la solution à la buse doit être aussi court que possible; son diamètre doit être supérieur à celui qu'exige le débit normal du liquide. La

(\*) Nous remercions particulièrement MM. H. FISCHER et A. WYSSLING pour leur aide.

(\*\*) Ont participé aux essais, outre les collaborateurs techniques déjà mentionnés : MM. A. GAST, H. KELLER, C. KOCHER, M. MEZENER et M. WITTEWER, auxquels nous exprimons nos plus vifs remerciements pour leur collaboration. Nous nous permettons de mentionner tout spécialement le rapport de M. H. KELLER (12), dont le contenu a servi de base à l'élaboration du chapitre ci-dessus.



une faible part de la construction de la tuyère : l'énergie cinétique des gaz d'échappement est en grande partie consommée par la formation des gouttelettes, de telle sorte qu'il faut recourir à de nouvelles sources d'énergie pour augmenter la nappe de brouillard.

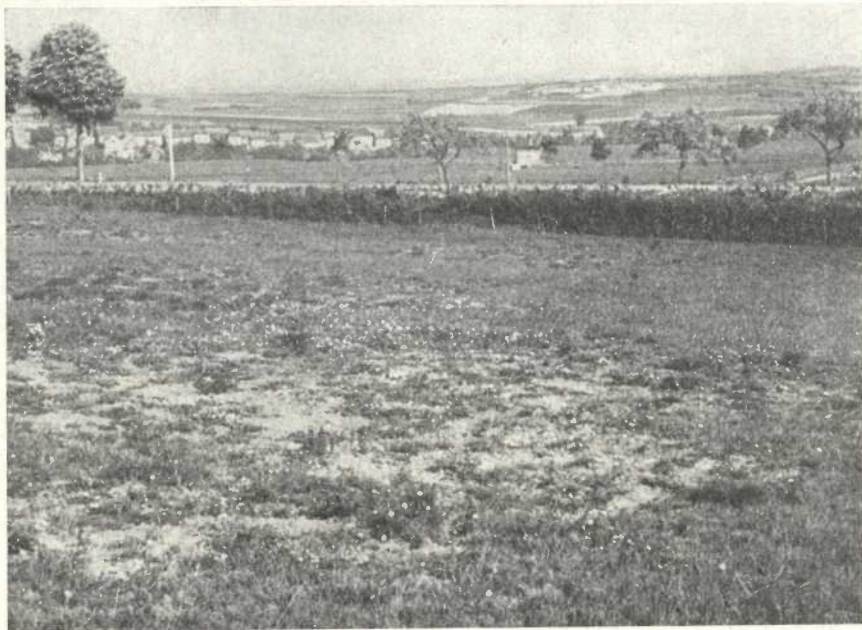


FIG. 2. — Dégâts des Vers blancs

En décalant la buse par rapport à l'axe de vol (fig. 3), la bande de brouillard s'étale sur une largeur de 10 mètres, produisant ainsi la nappe la plus propice : dans ce cas, l'énergie nécessaire à l'élargissement du nuage se trouve fournie par le déplacement d'air de l'avion.

Enfin, on réussit à donner au pilote la possibilité de régler depuis son siège le fonctionnement des appareils de pulvérisation, grâce à certaines adaptations particulières. Le chargement de l'insecticide se fait avec une pompe à main par l'intermédiaire de raccords rapidement démontables, de telle sorte qu'il n'est pas nécessaire d'ouvrir le réservoir pour faire le plein d'essence (fig. 4).

c) *Insecticides*. — Afin d'utiliser au maximum la faible charge utile du Piper Cub L 4, il fallut prévoir soit l'emploi d'un produit à teneur élevée en matière active, obtenu par la dilution d'une émulsion mère huileuse dans l'eau, soit l'utilisation d'émulsions fortement concentrées, particulièrement persistantes.

Les solutions huileuses à 40-50 % de Dichlordiphényltrichloréthane nous semblèrent, à la suite des essais préliminaires, particulièrement appropriées. L'essai aérien démontra que le dépôt appliqué sur du verre ou des feuilles n'exerce une bonne action insecticide que si le produit est déposé en très fines gouttelettes, c'est-à-dire précisément sous forme d'*Aérosol*. Nos analyses, complétées par des calculs précis, révélèrent cependant qu'il se perd jusqu'à 60 % de la substance toxique répandue sous forme d'*Aérosol*, du fait de la finesse des particules, alors même que les conditions météorologiques sont entièrement favorables.

En revanche, nous obtinmes de bien meilleurs résultats avec l'émulsion *Gésarol 9255* (\*) (type eau dans huile), qui présente une excellente consistance et qui — pulvérisée en gouttelettes — (permettant de ce fait la formation d'une nappe susceptible d'être dirigée avec précision sur un but déterminé) exerça néanmoins un effet insecticide de tout premier ordre. Dans ce cas, la perte de matière active due à l'envol des particules très fines ne dépassa pas 5 %. La substance active ne se cristallise dans les gouttelettes qu'au bout de plusieurs jours : elle s'applique alors très intimement au substratum. Cette propriété assure une adhérence parfaite du produit tout en protégeant le dépôt toxique du lavage par les intempéries. Nous pûmes constater, à ce propos, que nos traitements effectués en mai contre le Hanneton exerçaient encore en octobre un effet insecticide très sensible (après 150 jours) (fig. 5 et 6). Bien que le dépôt n'ait pas été soumis à des précipitations importantes durant l'été (env. 50 mm), on doit considérer qu'il subit avec succès l'épreuve d'une insolation brutale et d'une exposition prolongée aux vents particuliers à la région.

L'émulsion aqueuse présente l'avantage d'être moins inflammable que la solution. La récupération des gaz du moteur, canalisés dans une longue conduite reliant l'échappement à la buse, diminue considérablement les risques d'incendie, du moment que, grâce à cette installation les gerbes de flammes ne peuvent atteindre directement le produit insecticide.

On peut d'ailleurs écarter pratiquement tout danger de combustion pour les solutions dans le cas d'un retour de flammes, en prenant la précaution de leur incorporer une substance extinctrice.

Des essais entrepris en laboratoire à l'aide d'appareils appropriés montrèrent que l'émulsion comme la solution supportent sans dommage le contact des gaz brûlants (qui peuvent atteindre 300-400° dans la tuyère du type VENTURI) et que leur effica-

(\*) Cette émulsion a été mise au point par MM. AGTHE, KELLER et TREBOUX.

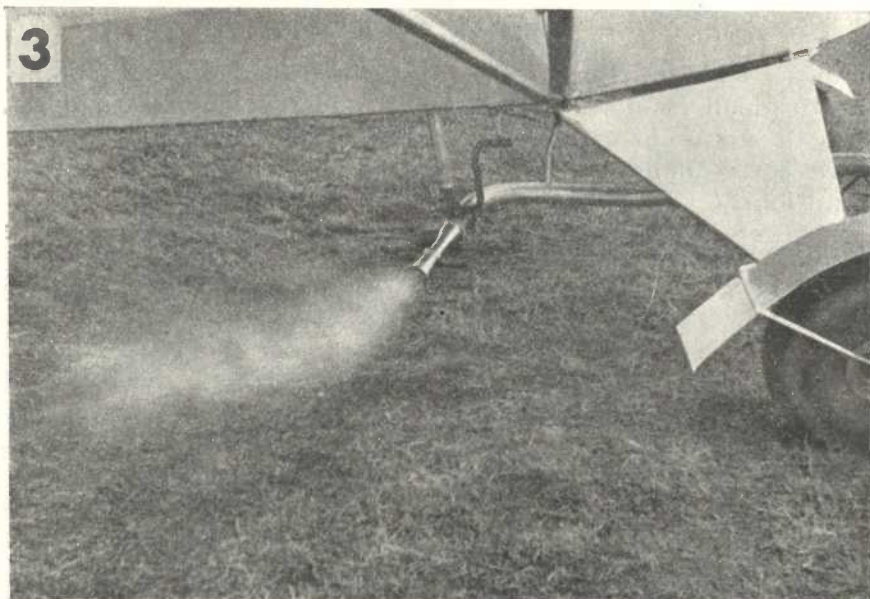


FIG. 3. — Remarquer la buse décalée par rapport à l'axe de vol



FIG. 4. — Le Piper Cub L 4 avec appareils de pulvérisation, buse et pompe pour chargement de l'insecticide

cité insecticide ne s'en trouve aucunement amoindrie. Compte tenu du débit de notre pulvérisateur, nous décidâmes d'adopter, après de multiples expériences, une bouillie à 15 % de matière active, correspondant à une concentration d'emploi de 75 % pour l'émulsion de Gésarol 9255.

En estimant à 3 kg/ha la quantité de produit actif nécessaire pour assurer une protection efficace du volume que représente la forêt, une charge de 75 litres de bouillie permet le traitement de 5 ha, dans le cas d'un brouillard insecticide de 10 mètres de largeur.

Le traitement d'une surface de 5 ha peut être effectué en trois minutes à l'aide d'un appareil volant à une vitesse moyenne de 100 km/heure. Tout accroissement de la vitesse de vol ou tout élargissement de la nappe toxique exige une augmentation proportionnelle du débit de la tuyère.

Le fait que la charge d'émulsion s'épuise en trois minutes a cependant peu de rapport avec la durée effective de l'application, en raison des nombreuses évolutions supplémentaires qu'impose le tracé sinueux des lisières (voir chapitre V).

d) *Aérodrome*. — Il découle des précédentes considérations que seule une superficie relativement restreinte peut être traitée au cours du même vol. L'organisation rationnelle d'une telle entreprise implique donc la disposition d'une piste d'envol située aussi près que possible du centre des opérations. Nous choisîmes à cet effet, d'accord avec le pilote (\*), une prairie de 250×50 m, située au nord-est du domaine de Rinting; la présence d'une fontaine à l'extrémité du terrain offrait l'avantage de permettre la préparation des bouillies sur place (voir carte 1). La préfecture de Metz eut l'amabilité de nous accorder les autorisations nécessaires et de classer notre pâturage comme aérodrome pour la durée de l'essai.

## 2. DONNÉES BIOLOGIQUES

Diverses circonstances nous empêchèrent de nous consacrer avant le 20 avril aux préliminaires biologiques de l'expérience (\*\*).

a) *Dégâts occasionnés par les Vers blancs en 1947-1948*. — Les dégâts occasionnés par les Vers blancs en 1947 étaient encore nettement discernables dans les pâturages au printemps 1949. Seuls les herbages profondément racinés avaient réussi à se maintenir, comme *Plantago lanceolata* et *P. mayor*, ou à en-

(\*) Nous remercions vivement M. WITTEWER pour son aide technique ainsi que pour ses exceptionnelles qualités de pilote.

(\*\*) Nous tenons à remercier ici nos collaborateurs MM. H. WILLIMANN et H. BRÖNNIMANN pour leur travail précieux ainsi que M. HILTBRUNNER pour son organisation impeccable.

vahir par semis naturels les surfaces dénudées, comme *Chrysanthemum leucanthemum* et d'autres mauvaises herbes, d'où les graminées avaient pratiquement disparu. Le maigre gazon de ces prés naturels n'était pas en mesure de résister à une invasion de Vers blancs, même relativement faible (fig. 2).

Les ravageurs commirent également de gros dégâts aux cultures: par exemple un champ d'avoine se trouvant dans la région du domaine de Rinting fut complètement détruit. Le blé d'automne qu'on y sema la même année fut également anéanti; si bien qu'on dût labourer la parcelle au printemps suivant et l'ensemencer à nouveau d'avoine. Cette nouvelle culture souffrit elle aussi et ne livra qu'une récolte faible. Le Service de la Protection des Végétaux de Strasbourg a bien voulu mettre à notre disposition la récapitulation des dégâts imputables aux Vers blancs dans la région de Sarrebourg, que nous rapportons au tableau I.

TABLEAU I  
Bilan des dégâts de Vers blancs dans la région de Sarrebourg

COMMUNE	SURFACES ENDOMMAGÉES EN HECTARES	
	Prairies	Terrain de culture
Hoff .....	41	5
Imling .....	49	6
Bebing (*) .....	85	25
Diane-Capelle .....	35	7
Kerprich-aux-Bois .....	25	20
Langatte .....	35	—
Haut Clocher .....	80	8
Dolving .....	30	10
Hesse .....	45	17

Les Vers blancs occasionnèrent en outre de gros dégâts aux jeunes vergers de cette région.

b) *Densité des Hannetons dans le terrain expérimental.* — Nous avons procédé dans le terrain à 62 sondages de 0,5 m<sup>2</sup> chacun pour apprécier l'intensité du vol qu'il convenait de prévoir et pour déterminer les emplacements les plus favorables à la pose des écrans destinés à permettre le contrôle de la sortie des insectes parfaits (carte 1).

D'après M. MARTIN, propriétaire de la ferme de Saint-Hubert, un très fort vol crépusculaire aurait eu lieu le 14 avril déjà, de sorte que les résultats des sondages entrepris à partir du 20 avril

(\*) Les dégâts commis par les Vers blancs dans la région de notre champ d'essai sont inclus dans les chiffres de BEBING.

seulement ne donnent qu'une image incomplète de l'invasion [cf. TROUVELOT (29)]. Insectes parfaits et nymphes se trouvaient rarement à plus de 20 cm de profondeur. Comme tant de fois auparavant, nous pûmes constater, ici encore, une grande irrégularité dans la répartition des ravageurs. Populations nombreuses et négligeables voisinaient littéralement, sans qu'on puisse mettre ces fluctuations en rapport avec la configuration du terrain. Le maximum de 24 Hannetons par m<sup>2</sup> ne fut atteint qu'à deux reprises.

TABLEAU II  
Fréquence des Hannetons dans le terrain d'essai

29 sondages	dénombrèrent la présence de	0 Hanneton par 0,5 m <sup>2</sup> , total	0 Hanneton
8	»	1	» 8
6	»	2	» 12
4	»	3	» 12
4	»	4	» 16
3	»	5	» 15
3	»	6	» 18
4	»	7	» 28
1	»	10	» 10
2	»	12	» 24
64 au total			Total 143 Hannetons

Le tableau II montre une densité de 143 Hannetons pour 32 m<sup>2</sup>, soit une moyenne de 4,5 insectes par m<sup>2</sup>. Non loin du poste de contrôle de vol n° 3 (carte 1), nous réussîmes à déterminer le nombre de Hannetons se trouvant dans le sol par un procédé différent. Nous comptâmes le long d'une pente maigrement enga-

TABLEAU III  
Fréquence des trous de sortie de Hannetons  
sur une surface de 50 m<sup>2</sup>, au poste de contrôle du vol n° 3

NOMBRE DE TROUS  
par m<sup>2</sup>

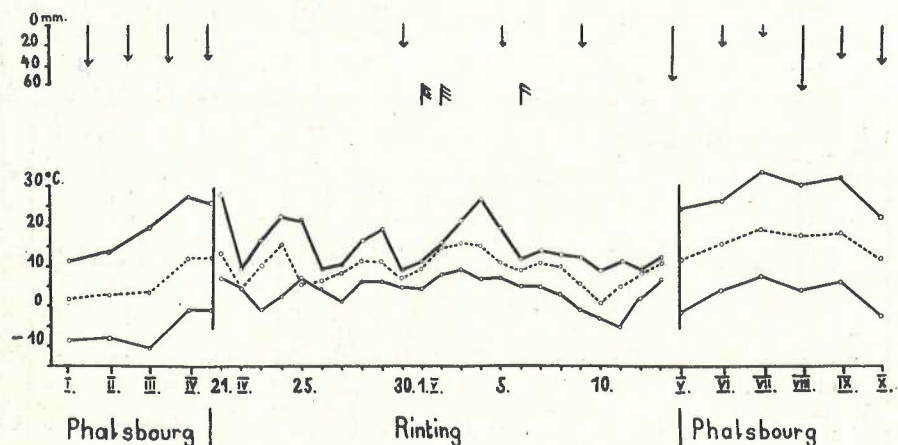
0	sur 12 emplacements	=	0 Hanneton
1	» 2	=	2 »
2	» 1	=	2 »
3	» 1	=	3 »
4	» 4	=	16 »
5	» 3	=	15 »
8	» 4	=	32 »
9	» 2	=	18 »
15	» 9	=	135 »
19	» 4	=	76 »
20	» 2	=	40 »
27	» 2	=	54 »
28	» 1	=	28 »
29	» 2	=	58 »
30	» 1	=	30 »

TOTAL : 50 emplacements = 509 Hannetons

zonnée les trous de sortie restés intacts dans le sol dur sur une surface de 50 m<sup>2</sup> [cf. tableau III].

Les comptages effectués sur cette déclivité nous permettent d'établir, à 10 insectes environ, la moyenne par m<sup>2</sup>.

L'importance de l'attaque à cet endroit peut être due soit au nombre de pontes que les femelles y déposèrent, soit au fait que les conditions de développement y furent particulièrement propices et que la mortalité des Vers blancs y demeura moins élevée qu'ailleurs.



GRAPHIQUE I. — Climatogramme .

Observations de Phalsbourg (par mois)

— T° max.; précipitations ↓  
 ..... T° moyenne;  
 - - - T° minimum.

Observations de Rinting (par jours)

— T° à 12 h.; précipitations ↓  
 ..... T° à 20 h.;  
 - - - T° à 7 h.      ≡ vent

c) *Sortie des insectes parfaits.* — Deux écrans de 4×6 m furent disposés sur deux emplacements différents du secteur d'essai de manière à permettre le contrôle de la sortie des insectes parfaits. Ces écrans étaient constitués de gazes tendues sur des listes placées aux points où les sondages avaient mis à jour un grand nombre de Hannetons. Le nombre de captures effectuées entre le 21 avril et le 12 mai est indiqué dans le tableau IV.

Les observations furent interrompues le 10 mai aux écrans 3 et 4, aucune capture n'ayant été enregistrée depuis le 6 du même mois. Les écrans 1 et 2 nous furent volés le 13 mai, aussi ne pouvons-nous dire si la sortie s'est prolongée au-delà du 12 à leur emplacement.

TABLEAU IV

## Contrôle de sortie des insectes parfaits

DATE	NOMBRES D'INSECTES PARFAITS SORTIS						TEMPÉRATURE		
	ECRAN 1+2		ECRAN 3+4		TOTAL		♂ + ♀	du sol	de l'air
	♂	♀	♂	♀	♂	♀			
21 avril . . .	1	2	2	2	3	4	7	10°	25°
22 avril . . .	—	—	—	—	—	—	—	6°	7°
23 avril . . .	7	14	6	5	13	19	32	8°	13°
24 avril . . .	1	14	12	15	13	29	42	10°	21°
25 avril . . .	4	7	1	9	5	16	21	5°	20°
26 avril . . .	1	4	2	1	3	5	8	6°	8°
27 avril . . .	5	7	3	10	8	17	25	6°	9°
28 avril . . .	23	61	7	8	30	69	99	9°	15°
29 avril . . .	13	22	5	7	18	29	47	9°	17°
30 avril . . .	2	7	—	—	2	7	9	5°	12°
1 <sup>er</sup> mai . . .	11	13	2	2	13	15	28	10°	10°
2 mai . . .	12	31	3	9	15	40	55	10°	14°5
3 mai . . .	10	13	3	1	13	14	27	12°	20°
4 mai . . .	2	6	2	1	4	7	11	13°	23°
5 mai . . .	1	8	2	2	3	10	13	11°	15°
6 mai . . .	2	3	0	0	2	3	5	10°	10°
7 mai . . .	4	3	0	0	4	3	7	10°	12°
8 mai . . .	3	7	0	0	3	7	10	11°	10°5
9 mai . . .	2	1	0	0	2	1	3	7°	8°
10 mai . . .	1	1	—	—	1	1	2	8°	6°5
11 mai . . .	0	0	—	—	0	0	0	7°	10°
13 mai . . .								6°	8°
TOTAL . . .	105	224	50	72	155	296	451		

Entre le 21 avril et le 12 mai, nous dénombrâmes dans les 4 écrans un total de 451 Hannetons, soit une moyenne de 4,7 insectes par m<sup>2</sup>, dans la proportion de 34 % de mâles pour 66 % de femelles.

Ce déséquilibre du rapport des sexes ne peut s'expliquer qu'en admettant une forte sortie de mâles avant le début des contrôles.

Notre hypothèse est doublement étayée par le fait que des vols avaient eu lieu dès le 14 avril et par la prédominance des mâles au début de nos observations en lisière de forêt à partir du 21 avril (cf. tableau VII).

Nos observations se vérifient ainsi avec les constatations de RÉGNIER (18) aux termes desquelles les mâles quittent le sol plus tôt que les femelles, dont le vol se prolonge, en outre, au cours d'une assez longue période. Soulignons, d'autre part, que la grande majorité des populations ne comportait que des individus de très petite taille et que les adultes de dimensions normales



adultes dans le sol s'élevait à 329 individus contre 122 seulement, à l'emplacement 3 et 4 (route nationale au sud-est de Rinting). En conséquence, les pointes des courbes d'éclosion furent plus importantes pour les écrans 1 et 2 que pour les écrans 3 et 4; on constate cependant que leurs dates coïncident à deux reprises (28 avril et 2 mai) alors que dans un autre cas, elles ne sont distantes que de 24 heures (23 et 24 avril).

L'examen des thermogrammes montre que la sortie des insectes est dépendante de la température diurne, c'est-à-dire de l'insolation, alors que le vol vers la forêt est essentiellement influencé par la température crépusculaire. Lorsque la température méridienne tombe au-dessous de 10°-12° C., le nombre des individus émergeant du sol demeure infime (22, 26, 27 et 30 avril). Les sorties les plus fortes furent régulièrement enregistrées au cours des journées chaudes, suivant une période relativement froide, dont il semble résulter ainsi une manière d'effet cumulatif. Selon nos observations, la sortie se termina le 11 mai dans les écrans 1 et 2 et le 6 mai dans les écrans 3 et 4. Elle s'étendit donc, dans la région expérimentale, sur une période de 28 jours, du 14 avril au 11 mai. La durée des apparitions montre clairement à quelle épreuve se trouve soumise la persistance des insecticides.

Les conclusions de nos essais de 1948 [WIESMANN, GASSER et GROB (35), GASSER (11), WIESMANN et GASSER (36)] aux termes desquelles seuls les produits dotés d'une efficacité prolongée peuvent être mis en œuvre avec succès contre les Hannetons, se sont trouvées confirmées par l'expérience de 1949. De plus il nous fallut admettre qu'un traitement de grande envergure ne peut être répété, mais que, pour être rentable, il doit être appliqué en une seule opération. On retrouve entre les dates de fin de sortie aux écrans 1 et 2, d'une part, et 3 et 4, d'autre part, presque le même intervalle (cinq jours) que l'on constate entre les maximum des deux postes de contrôle (écrans 1 et 2 : 28 avril; écran 3 et 4 : 24 avril).

Cet écart est dû sans doute à l'exposition différente des deux emplacements. Les écrans 3 et 4 étaient placés sur une pente orientée au sud-est, tandis que les écrans 1 et 2 étaient disposés sur un versant ombragé. Cette observation peut s'avérer précieuse à l'occasion d'une campagne ultérieure contre le Hanneton.

Il convient de considérer que certains secteurs apparemment épargnés au début de l'essai peuvent être soudainement envahis en fin de période par une vague d'individus tardifs. De telles zones doivent faire l'objet d'une surveillance quotidienne lorsqu'elles n'ont pas subi le traitement.

## IV. — Vols des Hannetons à Sarrebourg en 1949

De même qu'en 1948, nous nous sommes efforcés d'établir une solide base biologique aux essais de 1949, en étudiant le comportement des adultes au cours d'un séjour permanent et prolongé dans la région expérimentale [cf. RÉGNIER (17), RÉGNIER et HURPIN (21), VIEL (34)]. Nous pûmes obtenir ainsi d'intéressantes indications sur l'évolution imaginale du Hanneton et sur l'efficacité de l'application insecticide dans les lisières soumises à l'essai.

Nous faisons usage des expressions suivantes [cf. MEUNIER (14)] pour caractériser le vol des Hannetons :

Vol forestier = Vol des champs à la forêt.

*Motif* : activité nutritive de maturation sexuelle.

Vol de ponte = Vol de la forêt aux champs.

*Motif* : oviposition.

Vol de retour = Retour des femelles à la forêt, après la ponte.

*Motif* : poursuite de l'activité nutritive de maturation.

Vol crépusculaire = Vol des Hannetons au crépuscule, comprenant les trois vols précités.

1. VOL FORESTIER. — Selon nos observations, les adultes émergent du terrain surtout pendant les heures diurnes, et particulièrement en fin d'après-midi. Ils se tiennent immobiles au sol jusqu'au crépuscule. A ce moment, soit dès 20 heures environ, les insectes s'agitent et commencent à se hisser sur les herbes. Ils font bientôt des tentatives d'envol, bruissent, prennent l'air, croisent quelques instants au ras du sol pour gagner finalement d'un trait les lisières de forêt selon un parcours ne dépassant généralement pas 20-30 cm au-dessus du terrain et n'excédant pas 2 m au plus.

Cette remarque s'oppose aux constatations faites en 1948 à Torny-le-Grand, où le vol forestier s'effectuait à une altitude jusqu'à 20-40 m. La disposition topographique des deux contrées explique clairement cette différence. Aux environs de Torny-le-Grand, la lisière de forêt se trouve, en effet, à un niveau inférieur à celui de la plaine, alors que la situation est inversée dans la région de Sarrebourg, où le bois se dresse sur une hauteur, tandis que le champ, d'où les Hannetons prennent leur vol est localisé dans une dépression sise en contre-bas.

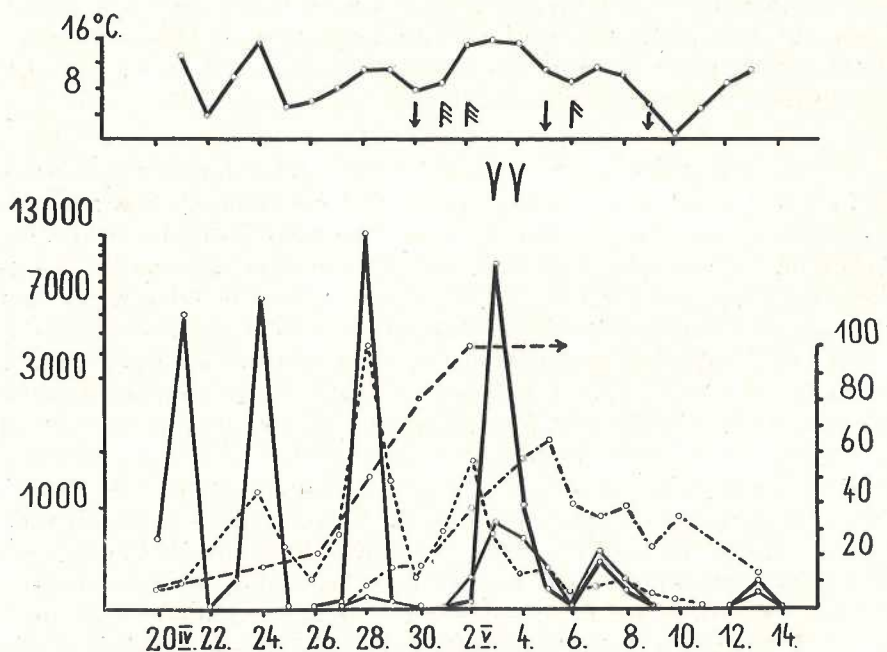
En 1949 comme en 1948, le vol crépusculaire fit l'objet d'une observation systématique tout au long de la période de sortie. A cet effet, nous nous postâmes chaque jour, dès 19 heures, au même endroit pour dénombrer les Hannetons gagnant ou quit-

tant la lisière du bois et dont la silhouette se découpait nettement sur le ciel clair. Les six postes de contrôle, d'où les comptages furent effectués, sont portés sur la carte de la région (carte 1).

Seuls les postes 1 et 5 furent maintenus pendant un temps prolongé; les résultats qui y furent enregistrés sont particulièrement intéressants et servirent à l'établissement du graphique des vols forestiers et des vols de ponte auxquels nous nous référons ci-dessous (graphique 3).

L'ensemble des observations sur le vol crépusculaire est récapitulé au tableau V. Comme nous l'avons signalé, le vol forestier débuta autour du 14 avril; il fut d'abord considérable, grâce aux températures très élevées pendant les fêtes de Pâques, les 17 et 18 avril, mais s'interrompt ensuite complètement jusqu'au 20 avril en raison d'un retour de froid accompagné de pluie.

Par contre, les journées des 21, 24, 28 avril et 3 mai, sont ca-



GRAPHIQUE III. — Vol des Hannetons

——— vol forestier } (échelle logarithmique)  
 ——— vol de ponte }  
 Ordonnées : nombre de Hannetons.

..... sortie du sol (échelle jusqu'à 100);  
 - - - % de la feuillaison;  
 - - - - % de femelles matures

V traitement; ↓ précipitations; ≡ vent

raclérisées par une activité très intense, après quoi le vol forestier diminue constamment pour s'interrompre définitivement entre le 10 et le 14 mai. La migration forestière des jeunes adultes avait ainsi duré presque un mois entier. D'autres informations relatives au vol forestier sont rapportées aux pages 68 et 71.

TABLEAU V  
Vol crépusculaire

DATE	VOL FORESTIER AU POSTE DE CONTRÔLE						VOL DE PONTE AU POSTE DE CONTRÔLE						Température	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	de l'air 20 h.	du sol 20 h.
20 avril . . .	232				653		7				1			
21 avril . . .	400				7.000		12				5		13°	10°
22 avril . . .	0				0		0				0		4°	6°
23 avril . . .	127				208		6				2		10°	9°
24 avril . . .	2.500				8.000		0				0		15°	10°
25 avril . . .	0				0		0				0		5°	5°
26 avril . . .	0				0		0				0		8°	6°
27 avril . . .	11				17		3				0		8°	6°
28 avril . . .	2.713	140	2.063	385	12.990	1.380	107	3	10	6	67	180	11°	9°
29 avril . . .	33	21	0	7	9	62	31	1	0	2	24	21	11°	9°
30 avril . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12°	5°
1 <sup>er</sup> mai . . .	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	9°	10°
2 mai . . .	306	4	18	20	14	15	172	23	37	21	212	240	14°5	10°
3 mai . . .	2.711		377		10.444	2.957	547		155		797	1.720	15°5	12°
4 mai . . .	371		18		1.075	204	286		54		610	891	15°	13°
5 mai . . .	129		10		139	125	126		60		303	620	11°	11°
6 mai . . .					8						0		9°	10°
7 mai . . .					372						469		11°	10°
8 mai . . .					118						182		10°	11°
9 mai . . .					1						0		5°5	7°
10 mai . . .					1						1		1°	8°
11 mai . . .					3						0		5°	7°
12 mai . . .					0						0		9°	6°
13 mai . . .					201						79		11°	10°

Les rapports qui s'établissent entre la sortie des Hannetons et le vol forestier subséquent méritent d'être relevés. Dans la règle, un vol important fait immédiatement suite à une forte sortie : tel fut notamment le cas les 24 et 28 avril. Toutefois, lorsque la température vespérale est trop basse pour le vol forestier, les insectes restent à terre et ne gagnent la forêt qu'au retour d'une

soirée propice, en compagnie des individus apparus entre-temps. (23, 25, 26, 27, 29 avril, 1<sup>er</sup> et 2 mai, etc.). L'importance des vols forestiers le 28 avril et le 3 mai est probablement due à une concentration de ce genre. Il n'est cependant pas exclu, comme nous le verrons ultérieurement, que les Hanneçons sortis la veille s'en-voient en plein jour lorsque les conditions du soir précédent les ont empêchés d'atteindre la forêt en temps normal. Le vol crépusculaire est étroitement dépendant de la température. Les conditions régnant entre 19 et 20 heures paraissent déterminantes pour le vol forestier, comme, par la suite, pour le vol de ponte. La sortie du sol, par contre, se trouve conditionnée par la température du terrain pendant les heures diurnes (cf. la page 58).

Le tableau V montre que le vol forestier est nul aux températures suivantes, mesurées à 20 heures :

4° C, le 22 avril, 5° C, le 25 avril, 6° C, le 26 avril, 9° C, le 1<sup>er</sup> et le 6 mai, etc. Le vol ne fut observé qu'à la température de 10° C, en date du 23 avril. Il semble donc que le vol crépusculaire ne s'effectue qu'à partir de la température minimum de 10° C à 20 heures. (Cf. RHUMBLER (24), NEU (16), RIGGERT (23), FRANK (9), THIELMANN (32).]

Nous pûmes constater le 30 avril à la lisière dominant Bebing, une remarquable conséquence de l'interruption du vol crépusculaire le jour précédent. Entre 10 et 11 heures, un vol provenant du vallon Rinting se dirigeait en plein soleil vers le bois par une température de 17° C à l'ombre. Une faible brise soufflait en direction de la forêt visée par les insectes. Nous capturâmes 55 individus du vol, déterminâmes leur sexe et le stade de maturité des ovaires chez les femelles. Nous comptâmes 6 mâles et 49 femelles. Parmi ces dernières, 44 n'avaient pas atteint la maturité sexuelle, 3 y parvenaient à peine et 2 étaient mures. L'intestin des femelles immatures était vide, alors que celui des individus plus évolués contenait quelques débris végétaux.

Ces remarques permettent de conclure que ce vol diurne constituait essentiellement une migration forestière d'insectes récemment sortis du sol, à laquelle se trouvaient mêlées quelques femelles gagnant la lisière à partir des buissons de la plaine.

L'examen des éclosions et de l'activité crépusculaire enregistrées la veille soit le 29 avril montre un chiffre important pour les premières alors que le vol forestier s'avère nul. Les Hanneçons sortis le 29 avril s'étant accoutumés à la lumière du jour, ont donc gagné la lisière à la faveur de la chaleur croissante. Un vol diurne s'est substitué dans ce cas au vol crépusculaire habituel. Nous doutons cependant que le phénomène se soit étendu à tous les insectes sortis le 29 avril.

Nous nous sommes efforcés de capturer au filet le plus possible d'individus en vol forestier, pour déterminer la proportion numérique des sexes et le degré de maturité des femelles : le résultat des dissections figure au tableau VI.

Le vol forestier crépusculaire comprend ainsi des adultes des deux sexes. La grande majorité des femelles qui le composent (307 sur 346, soit 88 %) viennent de quitter le sol, puisqu'elles sont encore immatures.

TABLEAU VI

## Vol forestier

Proportion numérique des sexes; degré de maturité des femelles

DATE	VOL FORESTIER					
	♂	♀	♀ matures	♀ ½ matures	♀ immatures	Immatures dans le vol de retour
28 avril . . .	55	87	0	4	83	0
29 avril . . .	3	5	0	2	3	0
30 avril . . .				pas de vol		
1 <sup>er</sup> mai . . .				pas de vol		
2 mai . . .	25	31	0	1	29	1
3 mai . . .	54	83	4	17	21	41
4 mai . . .	11	23	0	2	10	11
5 mai . . .	13	51	1	4	8	38
6 mai . . .	13	19	1	2	1	15
7 mai . . .	7	21	0	1	0	20
8 mai . . .	0	26	0	0	0	26
	181	346				

Les quelques femelles plus ou moins matures figurant parmi les captures provenaient sans doute des arbres fruitiers des alentours ou des essences d'ornement bordant la route de Beding. Nous viendrons à traiter ultérieurement des individus immatures participant dès une date déterminée aux vols de retour.

2. ACTIVITÉ NUTRICIALE DE MATURATION. — Parallèlement à l'essai de lutte, nous effectuâmes une série d'observations complémentaires sur le développement de la frondaison forestière, la prédilection des Hannetons pour certaines espèces et certaines localisations, l'évolution de la maturation chez les femelles, ainsi que leur comportement par temps froid et venteux, etc.

Les données acquises se sont avérées précieuses, tant pour l'exécution de l'essai que lors de l'établissement des conclusions.

a) *Développement de la frondaison forestière.* — La frondaison forestière se développe de la manière suivante (cf. graphique 3) : le 18 avril, la forêt était encore dénudée. La température estivale des 17 et 18 avril tira les bois de leur sommeil hivernal : le 20 avril marque le débourrement des Chênes, qui portaient déjà quelques petites feuilles par endroits, des Charmes et des Erables champêtres. Les Hêtres, en revanche, ne montraient encore aucune végétation. Les Charmes, les Chênes et les Erables étaient presque complètement verdis le 24, alors que seuls quelques Hêtres rouges commençaient à déployer leur feuillage. Le 26 avril, 1/5 des Hêtres étaient feuillés; cette proportion était passée à 1/3 deux jours plus tard. Le contrôle du 28 avril indiqua que 50 % des Hêtres, des Chênes et des Erables avaient revêtu leur frondaison complète. Le 30 avril, 80 % des Hêtres étaient totalement verts. Le 2 mai, enfin, la forêt était complètement feuillée, à l'exception de quelques Hêtres isolés. Cette évolution montre que les insectes des premiers vols forestiers ne rencontrèrent que des végétaux encore dénudés et ne disposèrent d'une nourriture suffisante qu'à partir du 17 ou 18 avril.

En conséquence, les ravageurs se concentrèrent principalement sur les Chênes frais verdis, qu'ils avaient dégarnis et parfois complètement défeuillés le 28 avril déjà. Il convient de remarquer ici, comme d'habitude, que seul fut dévoré le feuillage externe des branches alors que les parties internes de la couronne demeurèrent pratiquement indemnes.

Ce fait est probablement dû à ce que les Hannetons tombent à terre ou s'envolent lorsqu'ils se heurtent à des surfaces dures, telles que des branches, etc.; les insectes ne peuvent donc évoluer librement à l'intérieur de la couronne et ne parcourent que de courtes distances en se déplaçant le long des branches.

b) *Degré d'infestation des essences feuillues.* — Nous avons procédé le 26 avril à l'estimation du degré d'infestation des différentes essences forestières, afin de déterminer les préférences alimentaires des ravageurs. [Cf. CAIRASCHI (6), MAYER (13), RÉGNIER (18).]

- Prunellier : aucune attaque ;
- Frêne : aucune attaque ;
- Eglantier : attaque très faible ;
- Cerisier sauvage : attaque très faible ;
- Hêtre pourpre : attaque très faible ;
- Peuplier : attaque très faible ;

Saule : attaque très faible à faible;  
Aubépine : attaque très faible à faible;  
Noisetier : attaque très faible à faible;  
Charme : attaque faible;  
Erable champêtre : attaque faible;  
Chêne : attaque forte à très forte.

Il est curieux de constater que les Hannetons évitent les Cerisiers sauvages en forêt, alors qu'en terrain découvert ils montrent habituellement une nette prédilection pour les Cerisiers cultivés. Nous ne rencontrâmes qu'exceptionnellement des Cerisiers sauvages envahis pendant toute la durée du vol. Le fait que les Frênes ne furent jamais attaqués et que, comme en 1948, les arbres de cette espèce étaient les seuls indemnes dans les lisières dévastées, est également remarquable. Notons que le Hanneton dévore pourtant volontiers les feuilles du Noyer, proche parent de l'essence précédente. Le 26 avril, les Chênes comptaient parmi les arbres les plus envahis, tandis que les Hêtres, complètement feuillés à cette époque, étaient encore peu attaqués. La situation se modifia cependant par la suite, et le feuillage des Hêtres fut même complètement détruit par endroits, dans la partie septentrionale non traitée de la forêt de Rinting.

Les Pruniers des variétés à pruneaux et mirabelles ainsi que les Cerisiers eurent particulièrement à souffrir dans les vergers de la région, peu abondants il est vrai. Les espèces à pépins furent épargnées, comme d'habitude.

c) *Incidence des haies dans l'activité nutritive de maturation.* — Les haies, nombreuses dans les campagnes avoisinant la zone expérimentale comportent principalement des Aubépines et des Prunelliers, parmi lesquels apparaissent ici et là quelques Erables, des Eglantiers, des Noisetiers et des Saules. Il nous importait de déterminer, pour la conduite de l'expérience, si ces fourrés contribuaient à la nutrition des Hannetons, et, le cas échéant, dans quelle mesure. Les contrôles successifs effectués les 29, 30 avril, 2 et 6 mai montrèrent que les haies formées exclusivement de Prunelliers étaient régulièrement exemptes de ravageurs, alors qu'on remarquait quelques individus isolés, généralement des mâles, sur les broussailles d'essences diverses. On peut en déduire que les haies ne jouèrent aucun rôle appréciable dans la maturation des femelles. Cette conclusion ne doit toutefois pas être généralisée, car nous observâmes des fourrés fortement envahis, à certaines époques, le long de la route comprise dans le secteur non traité au sud de Kerprich-aux-Bois. Lors de nos essais de 1948, certaines broussailles d'Aubépines et d'Eglantiers avaient même été complètement défeuillées à

Torny-le-Grand. Nous ne pouvons nous expliquer la raison de ces divergences.

d) *Choix des lisières par les Hannetons; orientation du vol.* -- Peu avant le début de l'application, nous fîmes un relevé topographique de la lisière à traiter, sur lequel fut porté, dans chaque cas, le degré d'invasion de la localisation correspondante (cf. carte 2). Il est curieux de constater que les Hannetons parurent éviter la plupart des rentrants découpant un angle droit dans la forêt. On n'observait, pareillement, presque aucun ravageur dans la partie septentrionale du bois, contiguë aux terres du domaine de Rinting.

Nous notâmes l'attaque la plus dense dans les lisières parallèles à la route nationale, tant à Rinting qu'à Saint-Hubert; il s'agissait dans ce cas de cornes de bois particulièrement saillantes, composées en majeure partie de Chênes fortement envahis. Considérant la forêt au soir, depuis la région de Rinting, l'observateur ne distinguait clairement que les avancées sylvestres, tandis que les renforcements de la lisière demeuraient plus ou moins obscurs. Il en va peut-être de même pour les Hannetons, qui se portent ainsi en vols massifs sur les secteurs qui leur sont les plus apparents.

Nous avons également inscrit sur la carte 2 la direction du vol enregistré à Rinting et dans la zone voisine plus à l'est. Le parcours suivi par les insectes était généralement perpendiculaire à la lisière dans cette région, ce qui explique vraisemblablement la pullulation des ravageurs constatée aux orées sud de la forêt. Ces individus provenaient certainement des champs tout proches, situés en contre-bas.

Nous ne remarquâmes pas d'orientation définie des vols dans le grand rentrant entamant la forêt à Rinting: la plupart des insectes qui y avaient évolué gagnaient le bois perpendiculairement à la lisière, lorsqu'ils n'étaient pas attirés par une projection spécialement marquée. Une attention particulière fut consacrée aux conditions du vol dans la prairie la plus en retrait de la coupure de Rinting, où les Hannetons sollicités également par les deux fronts de la forêt, paraissaient hésiter avant de se diriger vers l'est ou vers l'ouest. Hors de cette zone centrale, toute incertitude disparaissait et les insectes se portaient sans délai vers la lisière la plus rapprochée.

Nous pouvons conclure de l'ensemble de ces observations que l'orientation du vol forestier est principalement fonction des influences optiques. L'image du bois frappant notre œil comme une bande sombre se découpant sur le ciel doit probablement impressionner le Hanneton de manière identique et déterminer

sa ligne de vol. Il est possible, en outre que la forêt exerce sur les insectes une certaine attraction olfactive. L'orientation définitive résulte vraisemblablement d'une combinaison de ces deux catégories d'impulsions. [Cf. BRANDRUP (5), ECKSTEIN (8), NEU (15), RHUMBLER (24), SACHTLEBEN (25), STEUDEL (28)].

A la fin du vol forestier, les populations tendent généralement à se répartir le long des lisières, tant en raison de la défeuillaison intervenant aux points les plus attaqués, qu'à la suite des vols diurnes. Ce phénomène se trouva oblitéré par le traitement aux lisières sud du bois de Rinting, mais se manifesta dans une certaine mesure dans la partie septentrionale, ainsi que nous le verrons.

TABLEAU VII

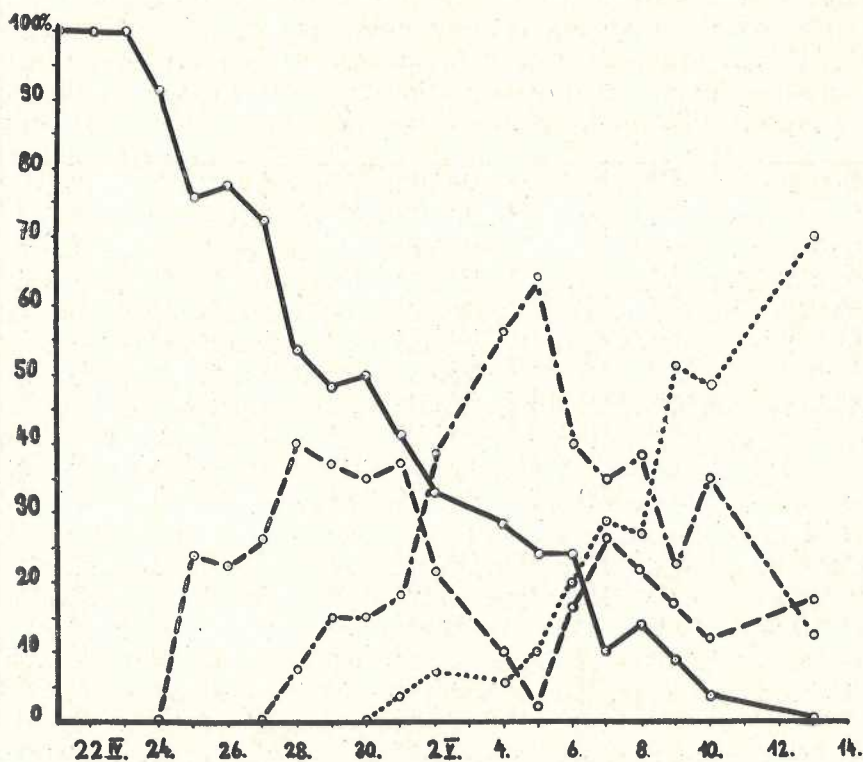
Répartition numérique des sexes et degré de maturation des ovaires parmi les Hannetons recueillis sous les arbres secoués quotidiennement

DATE de CONTRÔLE	HANNETONS			♀ IMMATURES				♀ 1/2 matures		♀ matures	
	TOTAL	♂	♀	TOTAL		% en vol		nom- bre	%	nom- bre	%
				nom- bre	%	fores- tier	de retour				
22 avril . . . .	251	138	113	113	100	100	0	0	0	0	0
23 avril . . . .	506	297	209	209	100	100	0	0	0	0	0
24 avril . . . .	181	116	65	59	91	91	0	6	9	0	0
25 avril . . . .	420	254	166	126	76	76	0	40	24	0	0
26 avril . . . .	928	520	408	316	77,5	77,5	0	92	22,5	0	0
27 avril . . . .	522	281	241	174	73	73	0	64	26	3	1
28 avril . . . .	3.234	1.972	1.262	659	53	53	0	502	40	89	7
29 avril . . . .	2.850	1.543	1.307	626	48	48	0	470	37	191	15
30 avril . . . .	1.358	726	632	314	50	50	0	221	35	97	15
1 <sup>er</sup> mai . . . .	1.370	791	597	260	45	42	3	216	37	103	18
2 mai . . . .	2.118	1.205	913	367	40	33	7	203	22	343	38
3 mai . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 mai . . . .	935	380	555	188	34	28	6	50	9	315	57
5 mai . . . .	336	121	215	73	34	24	10	40	2	89	64
6 mai . . . .	148	67	81	36	44	24	20	19	16	33	40
7 mai . . . .	194	68	126	50	39	10	29	33	26	43	35
8 mai . . . .	109	37	72	29	40	13	27	16	22	27	38
9 mai . . . .	81	35	46	28	61	9	52	8	17	10	22
10 mai . . . .	83	33	50	26	52	3	49	7	12	17	34
11 mai . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12 mai . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13 mai . . . .	449	208	241	172	71	1	70	39	17	30	12
19 mai . . . .	109	50	59	43	73	0	100	8	13,5	8	13

e) *Maturation des femelles.* — Afin de déterminer le moment le plus favorable à l'application du traitement, nous poursuivîmes un contrôle ininterrompu du degré de maturation des femelles. Dès le 22 avril, nous recueillîmes quotidiennement un grand nombre de Hanneçons dans des toiles disposées à cet effet, en secouant les arbres à six endroits particulièrement infestés de la lisière, après quoi nous procédâmes à l'identification des sexes et, cas échéant, à l'examen des ovaires. Nous établîmes à ce propos, une distinction entre individus entièrement matures, demi-matures et immatures, et, parmi ces derniers, entre femelles en vol forestier et femelles en vol de retour (cf. tableau VII).

Cette récapitulation, ainsi que le graphique IV suggèrent quelques remarques intéressantes :

a) Alors que la quasi-totalité des populations infestant la lisière est encore immature le 23 avril, la proportion des indi-



GRAPHIQUE IV. — Répartition numérique des degrés de maturation parmi les Hanneçons recueillis sous les arbres secoués

--- femelles matures;                      — femelles immatures en vol forestier;  
 - - - - femelles demi-matures;            ..... femelles immatures en vol de ponte.

vidus à ce stade régresse à partir du 24, selon une fonction presque linéaire, d'abord au profit des demi-matures, puis des insectes complètement développés, pour tomber pratiquement à zéro vers la mi-mai.

Dès le 30 avril, cette courbe décroissante se trouve coupée par la courbe ascendante représentant la fraction des femelles en vol de retour qui reviennent à la forêt après avoir accompli une première oviposition et dont la proportion augmente également selon une fonction presque linéaire. A partir de la mi-mai, les lisières ne portent plus que des individus en vol de retour, dont les viscères d'aspect écumeux les différencient nettement des femelles en vol forestier, aux ovaires non développés, mais aux entrailles d'apparence plus ferme. Il est aisé, sur la base de ces caractères, que nous avons observés en 1948 pour la première fois, de distinguer sans erreur les insectes des deux catégories.

Nous constatâmes une évolution analogue dans les populations capturées pendant le vol crépusculaire. Les premiers Hannetons en vol de retour furent pris le 2 mai. Leur fraction s'accrût constamment, si bien qu'elle comprenait la totalité des femelles immatures en vol de retour le 7 et 8 mai (cf. tableau VI).

b) Nous remarquâmes les premières femelles à maturité complète le 27 avril. Elles étaient probablement sorties de terre au cours de la forte éclosion de Pâques (17 et 18 avril), ce qui impliquerait un délai de maturation de 9-10 jours. Le maximum du 5 mai pourrait en outre correspondre au vol forestier très considérable du 28 avril : le délai de maturation ne serait en ce cas que 8 jours.

Le parallélisme frappant entre la courbe des femelles matures et celle des individus en vol de retour suggère nettement une hypothèse d'une corrélation immédiate. Il est certain que les femelles matures effectuent un vol de ponte, pour regagner peu après la forêt, en vol de retour. Nous pensons à ce propos, que les insectes considérés comme matures lors des contrôles devaient s'attarder encore 1-2 jours en forêt, pour des raisons physiologiques ou climatiques, tandis que les individus en vol de retour pouvaient être revenus depuis quelques temps déjà au moment de leur capture. Ces considérations permettraient de rapprocher considérablement l'évolution des deux courbes, faute de quoi l'on devrait estimer à 5-6 jours la durée de l'oviposition souterraine, ce qui est peu vraisemblable.

3. VOL DE PONTE. — Le tableau V, relatif au vol crépusculaire, rapporte également le résultat de nos observations sur le vol de ponte.

Alors qu'au début, on n'enregistrait pratiquement que des vols forestiers, on constate quelques vols de ponte isolés dès le 20 avril. Ce n'est qu'à partir du 28 avril, cependant, que cette activité commence à prendre une certaine importance, pour atteindre son maximum entre le 3 et le 5 mai, et se poursuivre ensuite jusqu'à la seconde quinzaine du mois, avec de fortes interruptions dues aux conditions météorologiques défavorables.

Les premiers individus en vol de ponte résultent vraisemblablement des vols forestiers du 21 avril, tandis que les maximums ultérieurs correspondraient aux arrivées, maximums du vol forestier du 28 avril et du 3 mai [cf. RÉGNIER (18)].

L'examen des résultats du contrôle de maturité (tableau VII) montre que les femelles participant au vol de ponte, spécialement important des 2 au 5 mai et du 7 mai, se tenaient prêtes à quitter la forêt, où nous avons alors déterminé une proportion maximum d'individus évolués. Ce genre de recensement permet ainsi de très bonnes prévisions de l'intensité des vols de ponte.

TABLEAU VIII

Proportion numérique des sexes et degré de maturité  
des femelles dans les vols de ponte

DATE	TOTAL ♂ + ♀	♂	♀	♀ EN VOL DE PONTE			♀ EN VOL DE RETOUR immatures
				matures	1/2 matures	immatures	
28 avril . . .	15	5	10	10	0	0	0
29 avril . . .	3	0	3	3	0	0	0
30 avril . . .	Pas de vol						
1 <sup>er</sup> mai . . .	Pas de vol						
2 mai. . . . .	51	5	46	46	0	0	0
3 mai. . . . .	66	6	61	61	0	0	0
4 mai. . . . .	53	1	52	52	0	0	0
5 mai. . . . .	63	0	63	61	0	0	2
6 mai. . . . .	26	0	26	25	0	0	1
7 mai. . . . .	14	0	14	14	0	0	0
8 mai. . . . .	26	1	26	26	0	0	0

Le tableau VIII, relatif aux données obtenues lors de la dissection des insectes, capturés au cours des vols de ponte, établit clairement que seules des femelles matures effectuent ce déplacement, à l'exclusion de tous autres stades.

Les vols de ponte ont donc essentiellement pour objet de permettre l'oviposition. Les quelques mâles pris à cette occasion



d'intéressantes données sur le déroulement du vol forestier par rapport au vol de ponte. Le nombre d'insectes gagnant le bois ou se dirigeant vers la plaine était noté de 5 en 5 minutes. Le vol de ponte débute régulièrement 15-20 minutes avant le vol forestier : le même intervalle sépare également les maxima et la fin des passages dans les deux directions (graphique 5).

Nous avons choisi, à titre d'exemple, les observations faites le 4 mai au poste de contrôle n° 1 : les deux vols furent d'abord assez faibles pendant les 15-20 premières minutes, augmentèrent ensuite brusquement pour atteindre leur maximum pendant le 1/4 d'heure suivant, puis diminuèrent progressivement jusqu'à l'arrêt complet.

Les deux courbes demeurèrent nettement distinctes à tous les postes de contrôle pendant l'ensemble de la période de maturation. Avant le début des vols de ponte, l'allure du vol forestier était la même, à cette différence près qu'il commençait déjà vers 19 h. 30 du fait des journées moins longues. Le début du vol forestier passe successivement de 19 h. 20 le 20 avril, à 20 heures le 13 mai.

Ce décalage de 40 minutes correspond à l'accroissement de la durée d'insolation et au retard progressif du crépuscule, SCHNEIDER-ORELLI et BRAUN (27) ont d'ailleurs déjà signalé le phénomène.

4. SENSIBILITÉ DES HANNETONS AU FROID. — Nous enregistrames, dans la région expérimentale des températures inférieures à 0° C. les 10 (— 3° C.), 11 (— 6° C.) et 12 mai (— 5° C.). Les Hannetons n'eurent à souffrir en aucune manière de ces gels tardifs. Etant donné les nombreuses indications de la littérature [cf. BLUNCK (3) et (4), DÉCOPPET (7)] relative à la grande susceptibilité des Hannetons au froid et à la mortalité pouvant résulter de basses températures en mai, nous entreprîmes de vérifier expérimentalement nos observations effectuées en campagne. Selon BLUNCK, la limite inférieure des températures supportables pour l'espèce sont encore ignorées jusqu'ici.

Nous fîmes passer, sans préconditionnement préalable, des insectes fraîchement capturés, de la température de laboratoire (20° C.) à — 5, — 8, et — 12° C., durant des expositions variables; les sujets furent ensuite ramenés, d'abord à 5° C. pendant une heure, puis à 20° C., avant de recevoir une abondante nourriture. Les séries soumises à l'essai comprenaient régulièrement 50 individus, 25 mâles et 25 femelles.

Les résultats de l'expérience figurent au tableau IX.

Les Hannetons, mâles et femelles, supportent des froids secs de — 5° C. et de — 8° C., pendant huit heures sans conséquences

TABLEAU IX

## Influence du froid sur les Hannetons adultes

EXPOSITION AU FROID	- 5 degrés comportement ultérieur à températ. de laboratoire	- 8 degrés comportement ultérieur à températ. de laboratoire	- 12 degrés comportement ultérieur à températ. de laboratoire
1 heure . . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.
2 heures. . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	17 ♂ +, 19 ♀ +, reste norm.
4 heures. . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	19 ♂ +, 24 ♀ +, reste norm.
8 heures. . . .	Tous les insectes normaux.	Tous les insectes normaux.	25 ♂ +, 24 ♀ +, reste norm.
10 heures. . . .	1 ♂ +, 2 ♀ +, reste norm.	2 ♂ +, reste norm.	Tous +.
12 heures. . . .	8 ♂ +, 4 ♀ +, reste norm.	7 ♂ +, 9 ♀ +, reste norm.	Tous +.
24 heures. . . .	4 ♂ +, 7 ♀ +, reste norm.	15 ♂ +, 19 ♀ +, reste norm.	Tous +.
48 heures. . . .	15 ♂ +, 19 ♀ +, reste norm.	13 ♂ +, 22 ♀ +, reste norm.	Tous +.
3 jours. . . . .	21 ♂ +, 20 ♀ +, reste norm.	25 ♂ +, 24 ♀ +, reste norm.	Tous +.
+ = morts.			

fâcheuses. Ils sortent de leur engourdissement plus ou moins rapide, selon la durée de l'exposition au froid, et commencent bientôt à dévorer le feuillage présenté. La prolongation de l'exposition entraîne une mortalité croissante des sujets, bien qu'une fraction relativement importante de ces derniers survive à un séjour de 48 heures aux températures mentionnées. Ils ne résistent sans dommage que pendant une heure à  $-12^{\circ}\text{C.}$ , alors qu'une exposition de huit heures s'avère léthale pour tous les individus.

On doit considérer un gel de  $-8^{\circ}\text{C.}$  comme exceptionnellement grave à cette saison : un froid si intense ne dure en mai que pendant 30 à 60 minutes au plus vers 6 heures du matin, après quoi l'air se réchauffe généralement très vite. Des températures de  $-5^{\circ}$  à  $-8^{\circ}\text{C.}$  ne durent vraisemblablement pas 8-10 heures lors d'un gel tardif comme celui qui intervint lors de notre essai de lutte. En conséquence, nous pouvons affirmer, comme nous l'avons constaté à Sarrebourg, qu'un gel printanier normal n'est pas en mesure de détruire les Hannetons. Il semble que les ravageurs ont plutôt à craindre les temps froids et humides, particulièrement les neiges tardives, ainsi que le remarque SCHNEIDER-ORELLI et BRAUN (27) à propos de la disparition partielle du cycle uranais en Suisse. Les gels secs, comme celui de Sarrebourg, et comme ceux que nous réalisâmes expérimentalement, ne présentent pas de danger pour l'espèce, au contraire de ce qu'avancent les auteurs précédents. Les insectes se remettent facilement d'un engourdissement dû au froid et reprennent bientôt leur activité normale [cf. NEU (16)].

## V. — Traitement des lisières de forêts

1. APPLICATION DU TRAITEMENT. — Compte tenu du degré de maturité des femelles capturées dans les lisières ainsi que du développement de la frondaison forestière (cf. graphique 3), nous fixâmes l'application du traitement au 30 avril. Malheureusement, la pluie du 30 avril, puis la tempête qui fit rage les deux jours suivants nous contraignirent à en différer la date au 3 mai. La proportion des femelles mures atteignait alors 40 % et une partie d'entre elles réussit certainement à retourner pondre en plaine avant le traitement. Nous eûmes ainsi le regret de constater, le jour même de l'application, qu'il fallait abandonner l'espoir d'exclure complètement toute apparition de Vers blancs par la suite.

Le Piper décolla le 3 mai à 4 h. 31 de l'aérodrome de Bühl,

Sarrebourg (\*), pour se poser à 4 h. 48 sur la piste de fortune aménagée à Rinting. Les trois premiers vols de traitement purent être effectués entre 5 h. 23 et 7 h. 25, malgré une légère brise, qui fraîchit dès 7 h. 30 au point d'interdire toute application efficace jusqu'à 15 h. 03. L'appareil prit l'air dès ce moment et poursuivit son travail jusqu'à la tombée de la nuit, à 19 h. 39. Le 3 mai, la marge du bois de Rinting fut traitée en douze vols sur une largeur de 20-50 m jusqu'au renforcement de Saint-Hubert. La profondeur de la zone à protéger avait été déterminée, dans chaque cas, d'après l'intensité de l'attaque (carte 2) et de la nature particulière de la lisière. Le premier passage de l'avion se faisait généralement à basse altitude, à l'extérieur de la forêt, de manière à bénéficier si possible des courants favorables permettant de traiter à fond les avancées du sous-bois où les ravageurs étaient habituellement fort nombreux. La protection d'une lisière sur 20 m de largeur imposait ainsi un triple survol par l'appareil.

Le bois de Saint-Hubert fut traité le 4 mai, sur une largeur de 20 m, en sept vols effectués entre 5 heures et 7 h. 39.

La durée moyenne par vol comporte 15 minutes le premier jour (maximum : 22 minutes; minimum : 9 minutes) 13 minutes le second (maximum : 19 minutes; minimum : 11 minutes) et 14 minutes pour l'ensemble des opérations.

Les stations au sol, imposées par le chargement de l'insecticide et la revision de l'avion durent en moyenne 15 minutes le 3 mai (maximum : 26 minutes; minimum : 9 minutes) 13 minutes le 4 mai (maximum : 20 minutes; minimum : 8 minutes) et 14 minutes pour l'ensemble de l'opération.

Les interruptions de vol permettaient au pilote de prendre connaissance des remarques transmises par les postes de contrôle des secteurs qu'il venait de traiter : ces indications lui étaient précieuses pour la suite des opérations et le mettaient en mesure de parfaire, cas échéant, les applications insuffisantes.

Le pilote, M. M. WITWER, fit les constatations suivantes sur les traitements par avion :

Les applications aériennes doivent être considérées comme un complément au travail des appareils terrestres. Il convient, en conséquence, au cours de l'organisation d'une campagne de grande envergure, de réserver à l'avion le traitement des grands secteurs rectilignes, à l'exclusion des lisières trop sinueuses ou accidentées. Seul le respect de ce principe permet de réaliser une protection rapide sur de vastes surfaces. Les survols se font à

(\*) Nous remercions vivement M. METZ, président de l'Aéro-Club de la région de Sarrebourg, d'avoir bien voulu mettre le terrain ainsi qu'un hangar à notre disposition.

5-15 mètres seulement au-dessus des arbres : la concentration qu'une telle performance exige du pilote n'est exclusivement qu'à la mesure de personnel le mieux entraîné. Les types d'appareils à visibilité insuffisante ne conviennent pas à ces applications. Au lever du soleil, le pilote doit redoubler de vigilance pour éviter qu'un éblouissement ne lui fasse commettre une erreur fatale. Plus l'avion se rapproche des arbres, moins l'influence du vent est sensible et plus le traitement devient précis. Comme le moindre souffle suffit à entraîner le produit, la chute de la nappe insecticide doit faire l'objet d'une surveillance constante. Il est

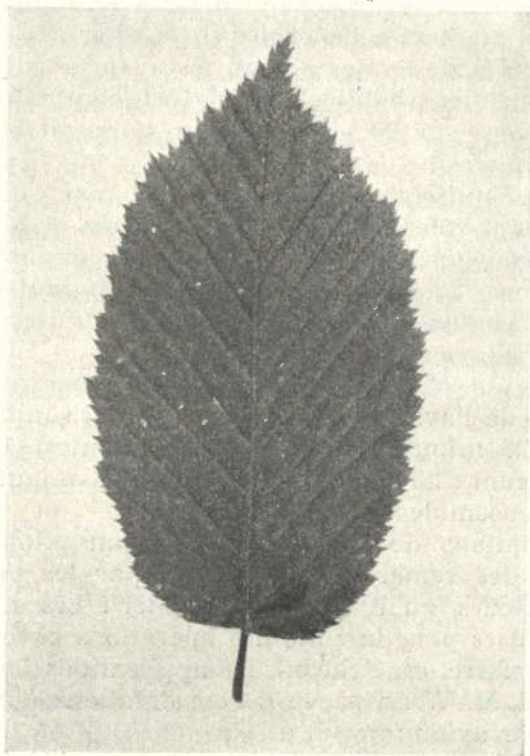


FIG. 5. — Les grosses taches de l'émulsion sont visibles

indiqué d'entretenir de petits feux le long de la lisière, de manière à ce que le pilote enregistre immédiatement les sautes de vent. Lorsqu'on ne dispose pas de liaison radio, ou que le terrain d'envol est éloigné, il s'avère avantageux d'établir un code au moyen duquel les observateurs peuvent communiquer avec l'avion. Nous avons obtenu les meilleurs résultats au moyen de

bandes de toiles ou de papier blanc de 2 sur 0,3 mètres, disposés bien en évidence.

Le signe :

- + signifie : « *En ordre* ». Le nuage insecticide se dépose favorablement.
- ↓ (extrémité de la flèche dirigée en avant de la forêt) signifie : « *Passez plus à l'extérieur* ».
- ↑ (flèche tournée vers la forêt) signifie : « *Passez plus à l'intérieur de la forêt* ».
- = signifie : « *Volez plus bas* ».
- ⌊ signifie : « *Arrêtez le traitement ici* ».
- ↖ (flèche double orientée vers le terrain d'atterrissage) signifie : « *Rentrez et posez-vous* ».

Il est essentiel que le pilote puisse reconnaître le terrain avant le traitement; il doit en outre disposer de cartes précises, sur lesquelles il portera les obstacles éventuels (ligne à haute tension, câbles de téléphériques, etc.) ainsi que les points saillants de la région. De plus, il est recommandable de baliser les endroits périlleux au moyen d'une toile rouge placée en avant de la forêt, afin que le pilote n'ignore en aucun cas la présence d'un danger.



FIG. 6. — Cristaux de l'émulsion sur la feuille (grossissement, environ 30)

Rappelons enfin cette vieille règle de navigation aérienne, selon laquelle l'avion doit disposer d'une réserve de vitesse lors d'un vol à basse altitude.

2. COUT DU TRAITEMENT. — Au cours de notre expérience, nous avons traité 10,3 km de lisière sur une profondeur moyenne de 35 m environ, soit une superficie totale de 36 ha de forêt à peu près, dont la protection exigea 700 l d'émulsion de Géa-rol 9255, ce qui correspond à 933 l de bouillie. La bouillie fut répandue à raison d'une moyenne de 26 l environ par ha (3,9 kg de matière active/ha).

*Les frais de vol*, comprenant la location de l'appareil, l'indemnité du pilote et du mécanicien, l'assurance du pilote, le carburant, les vidanges, etc. se montèrent à fr. s. 441 *soit à fr. s. 12,25 par ha*. Le coût du transport de l'avion, de sa base au secteur d'essai et retour, ne figure pas dans ce compte. Le prix de la *substance insecticide*, calculé sur la base du tarif de fr. s. 6 par litre pour les grands emballages, s'éleva à fr. s. 4.200, *soit fr. s. 116,66 par ha*. Le coût total du traitement atteint donc *fr. s. 128,91*

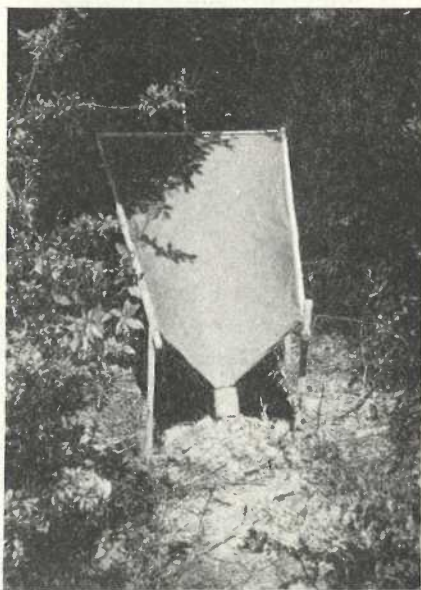


FIG. 7. — Trappe pour l'analyse de la faune et cage d'abeille

*par ha* soit fr. s. 130 en chiffres ronds. Le coût de l'application par km courant de lisière varie en fonction de la profondeur du secteur traité. Il comporta fr. s. 455 dans notre essai, pour une

bande d'une largeur moyenne de 35 m. Une zone de protection de 10 m doit être cependant suffisante pour une lisière régulière ne comprenant pas de grands arbres à moins de 20-30 m de sa marge extérieure, lorsque le traitement est effectué avant que les ravageurs aient pénétré dans l'intérieur du bois.

Dans un tel cas, en admettant une application en deux survols, dont l'efficacité correspond à celle d'un traitement terrestre, la protection d'un km de lisière (une superficie de 2 ha de forêt) vient à coûter fr. s. 260 au total (\*).

Si nous rapportons les dépenses consenties dans notre essai à l'ensemble des cultures qui en ont bénéficié, la quote-part n'atteint que fr. s. 7,75 par ha de prés et d'emblavures.

Ces chiffres montrent clairement que la destruction des insectes parfaits par des moyens chimiques est beaucoup plus économique que la lutte directe contre les Vers blancs dans le terrain.

## VI. — Résultats du traitement

1. EFFET DU TRAITEMENT SUR LES HANNETONS. — a) *Comportement des Insectes pendant et après l'application.* — Les observations suivantes furent principalement effectuées en lisière de forêt au poste de contrôle n° 1. L'invasion de Hannetons était particulièrement forte dans ce secteur qui fut traité le 3 mai, de 5 h. 30 à 5 h. 50.

*3 mai, jour du traitement :*

6 heures. — Les premiers individus commencent à tomber, tant à la lisière qu'à l'intérieur du bois.

6 h. 20. — Le nombre des insectes tombés s'accroît. Beaucoup manifestent un tremblement nerveux.

7 heures. — Les Hannetons s'accumulent sur le sol. Tous montrent les symptômes d'une forte intoxication.

8 heures. — La chute continue. Parmi les insectes tombés, certains individus cherchent à s'envoler, du fait de l'insolation; seul un petit nombre de ces derniers réussit à atteindre sûrement les couronnes des arbres, alors que la plupart retombent.

(\*) Les indications concernant les frais de traitement sont basées sur les conditions économiques suisses. L'émulsion insecticide a été importée en France et l'avion utilisé était également d'origine suisse. Les rémunérations du pilote et du mécanicien correspondent de ce fait également aux tarifs pratiqués dans ce pays.

Si nous nous basons sur le prix du même insecticide fabriqué en France, ainsi que sur les tarifs employés en France pour l'application par avions d'insecticides, les frais seront approximativement les suivants : 10.000 francs français par Ha, soit 20.000 francs français par kilomètre de lisière sur une profondeur de 10 mètres.

- 9 heures. — Une animation extraordinaire accompagnée de vols fébriles règne dans le secteur traité, alors que tout est calme dans les zones témoins, où seuls quelques individus ont pris l'air, tandis que la grande majorité des ravageurs se nourrit tranquillement. De nombreux Chênes, très envahis jusqu'ici, sont pratiquement débarrassés des ravageurs. Les nouveaux venus tombent régulièrement peu après s'être posés sur les arbres traités. On remarque, parmi les insectes gisant à terre, une certaine proportion d'individus dont les pièces buccales sont enduites d'une substance brunâtre : nos observations précédentes montrent qu'il s'agit là de Hannetons manifestant les symptômes d'une forte intoxication par le tube digestif, consécutive à l'absorption de feuillage empoisonné.
- 10 h. 30. — Nous comptons, sur un chemin pénétrant dans le bois, les densités suivantes d'insectes au sol, par m<sup>2</sup> : 36, 47, 15, 53, 25.
- 12 heures. — La chute continue, malgré une insolation violente de l'orée de la forêt, seuls quelques rares insectes tombés parviennent à regagner le feuillage. On remarque déjà des individus à l'agonie.
- 14 heures. — Le crépitement des chutes est particulièrement fort. Le feuillage du sous-bois grouille de Hannetons à demi paralysés. La plupart des arbres fortement attaqués de la lisière sont presque complètement débarrassés de leurs ravageurs.
- 19 heures. — Le crépitement des chutes dans le feuillage des vieux Hêtres fait un bruit considérable, qu'on perçoit distinctement du poste de contrôle n° 1 (carte 1) à 30 m de la forêt. Les individus parvenant à la lisière pendant le crépuscule se comportent d'abord normalement, puis, vers la fin du vol forestier, commencent à tomber en si grand nombre, qu'on croirait entendre une violente averse.

*4 mai :*

Les observations faites le jour suivant le traitement, par un temps chaud, tranquille et une nébulosité variable, donnèrent les résultats suivants :

- 9 à 12 heures. — Les insectes arrivés à la forêt le soir précédent et qui ont réussi à se maintenir dans le feuillage tombent en grande quantité durant toute la matinée. Malgré le fort vol forestier de la veille, les arbres de la lisière sont à peu près exempts de ravageurs. On n'observe aucun mouvement dans la couronne des végétaux

traités, alors que les Hannetons se pressent en véritables grappes sur les Hêtres et les Chênes feuillés des secteurs témoins, où ils se mettent à voltiger activement vers midi.

L'orée du bois est parsemée d'une masse d'insectes morts ou mourants.

19 à 20 h. 30. — Au crépuscule, le vol forestier est normal, quoique faible. Comme la veille, on n'enregistre presque pas d'agitation dans les couronnes, tandis que la chute se poursuit sans interruption et que le bruissement des Hannetons au sol augmente constamment. Les vols de ponte s'effectuent très haut. Les individus qui y participent semblent provenir d'arbres situés assez loin de la lisière et qui n'ont probablement pas subi l'application insecticide.

Passé 20 h. 30. — Les bestioles se montraient encore très agitées dans le feuillage des zones non traitées.

Précédée d'un orage nocturne, la journée du 5 mai, deuxième après le traitement, fut venteuse, par ciel modérément à fortement couvert. Nous fîmes à cette date les observations suivantes : les quelques Hannetons encore présents sur les arbres sont complètement engourdis par le froid du matin. Les essences feuillues et notamment les Chênes, dont l'attraction sur les Hannetons est particulièrement grande, sont pratiquement débarrassés des ravageurs, dont les cadavres jonchent les terrains voisins de la lisière jusqu'à 50 m du bois. Nous découvrons de nombreuses femelles mortes, dont l'abdomen dépasse encore le sol où elles avaient commencé à s'enfoncer. Les dissections montrèrent qu'il s'agissait là d'individus matures sur le point de pondre. La pullulation s'est fortement accrue dans les secteurs non traités; le feuillage des Hêtres et des Chênes accuse des dommages sensibles.

#### 19 mai :

Nous avons effectué le 19 mai un nouveau contrôle approfondi des zones traitées et des secteurs témoins, au cours duquel nous fîmes les remarques suivantes :

*Zone traitée.* — Même sur les Chênes, on ne rencontre quelques Hannetons que tout à fait exceptionnellement. A part les faibles dommages commis avant le traitement, le feuillage ne montre pas de nouveaux dégâts appréciables. L'orée du bois et les chemins forestiers sont jonchés de cadavres.

*Secteur témoin de Bebing.* — Les arbres d'alignement et les Pruniers du village portent encore passablement d'insectes; par endroits les frondaisons sont fortement ravagées, et l'on note ici et là quelques Pruniers complètement défeuillés.

*Secteur témoin à droite de la route de Rinting à Kerprich.* — Les Hanneçons sont encore nombreux sur les Chênes, les Hêtres et les Saules. Nous eûmes vite fait, en secouant quelques sujets isolés, de recueillir plus de 100 bestioles par arbre, dans les toiles disposées à cet effet. La plupart des Hêtres sont défeuillés et la végétation de remplacement n'apparaît pas encore. Il convient de souligner, à ce propos, que l'orée sud du bois était bien plus fortement envahie que le secteur témoin, au début de l'expérience. La différence entre les zones traitées et non traitées était frappante, tant par le nombre des Hanneçons que par l'état du feuillage qu'on y observait : aucun ravageur et pas de dégâts dans les lisières soumises à l'essai, en revanche, pullulation de Hanneçons et couronnes défeuillées dans les régions voisines (fig. 8 et 9).

La proportion numérique des sexes et l'état de maturité des ovaires parmi les populations prélevées en trois points de la contrée figurent au tableau X.

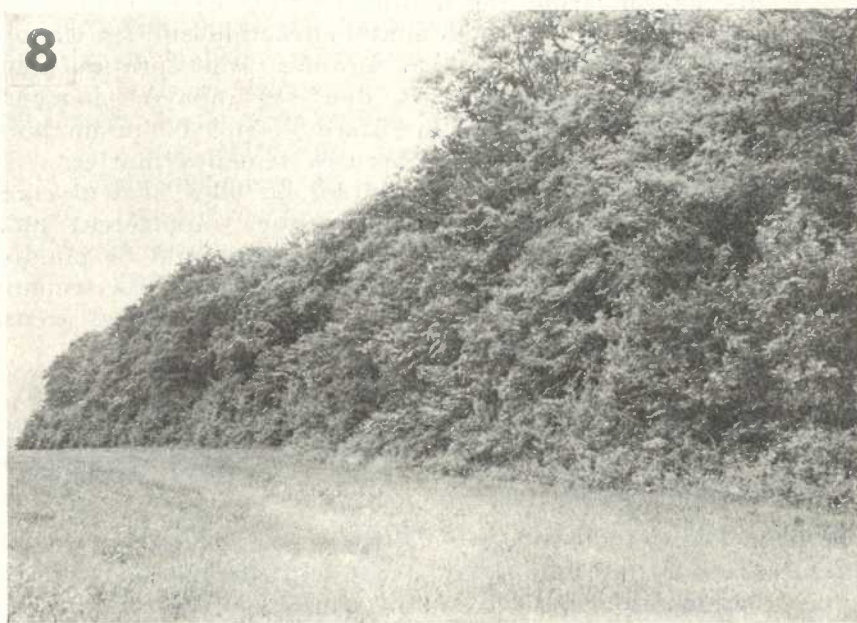


FIG. 8. — Lisière traitée



FIG. 9. — Lisière non traitée

TABLEAU X

Proportion numérique des sexes et degré de maturité des femelles  
 parmi les Hannetons recueillis sous les arbres secoués (19 mai)

LOCALISATION	Total	♂   ♀	♀ matures	½ ♀ matures	♀ immatures en vol de retour
Lisière du poste 1 traitée.	109	50   59	6	6	47
Lisière à droite de la route R.-K. (non traitée) . . . .	207	86   121	58	22	41
Bebing. . . . .	25	4   21	11	3	7

Il fallut récolter patiemment un à un les insectes prélevés au poste 1 sur les arbres et les buissons, vu la rareté des Hannetons dans la zone traitée.

L'examen du tableau X suggère quelques remarques intéressantes : le rapport ♂ : ♀ est assez exactement de 1:1 dans la

lisière soumise à l'essai alors qu'il comporte 1:1,5, dans les secteurs témoins. Bien que nous ne puissions tirer une conclusion définitive de données numériques aussi restreintes, nous estimons cependant que cette divergence pourrait être due à la mise en œuvre des mesures de lutte. On constate également une différence entre le degré de maturité des femelles : les individus évolués prédominent nettement dans les localisations non traitées, tandis qu'ils n'apparaissent qu'en proportion très faible dans le champ d'essai. Il s'agit là d'une conséquence immédiate de l'application du produit insecticide, dont le dépôt persiste assez longtemps pour détruire les femelles avant la maturité à l'exception d'un nombre infime de cas, alors qu'elles se développent ailleurs sans entrave. Les insectes immatures en vol de retour, dont la fraction est importante partout, venaient, fort probablement, de regagner la forêt et, dans la zone traitée, n'avaient encore subi le contact de l'insecticide que dans une mesure nulle ou insuffisante.

Etant donné le temps qu'il fallut consacrer à la capture des quelques Hanneçons récoltés dans le terrain d'essai, nous nous estimons en droit de conclure à la pleine réussite de l'expérience. Nous considérons que la persistance du dépôt s'est avérée suffisante pour garantir, le cas échéant, pendant une longue période encore la destruction des nouveaux envahisseurs. Nous ne pûmes déterminer la provenance des quelques individus en vol de retour : il est possible qu'il s'agisse, soit d'immigrés des secteurs témoins, soit d'insectes ayant échappé jusqu'alors à l'effet du traitement.

b) *Données numériques relatives à l'efficacité du traitement de lisière.* — Afin d'obtenir directement les données numériques relatives à l'efficacité du traitement, nous piquetâmes en trois endroits une surface déterminée de lisière, dont nous ôtâmes ensuite la couche de feuilles mortes (carte 2).

Le contrôle quotidien de ces parcelles fournit de précieuses indications sur le nombre des Hanneçons tombés du feuillage traité, et partant, sur l'efficacité de l'application insecticide.

Les aires en observation figurent au plan de la région expérimentale. Leur localisation et leurs superficies étaient les suivantes :

Parcelle 1 : à 10 m de la lisière, sous des Hêtres et des Chênes, 48 m<sup>2</sup>.

Parcelle 2 : à 15 m de la lisière, sous des Hêtres, 110 m<sup>2</sup>.

Parcelle 3 : à 10 m de la lisière, sous des Hêtres, 20 m<sup>2</sup>.

Le tableau XI indique l'importance numérique des récoltes quotidiennes d'insectes tombés dans les parcelles de contrôle.

TABLEAU XI

Répartition proportionnelle des sexes et degré de maturité des femelles  
 parmi les insectes ramassés dans les parcelles de contrôle

DATE	TOTAL	♂	♀	♀ immatures et ind. en vol de retour	♀ ½ matures	♀ matures	M. hippocast.
3 mai :							
I . . . . .	702	347	325	77	44	204	0
II . . . . .	1.490	780	710				
4 mai :							
I . . . . .	1.817	817	1.000	201	96	703	180
II . . . . .	3.204	1.088	2.116				
5 mai :							
I . . . . .	1.624	496	1.128	378	105	645	23
II . . . . .	2.145	540	1.605				
6 mai :							
I . . . . .	200	63	137	60	32	45	0
II . . . . .	312	95	217				
III . . . . .	278	132	146				
7 mai :							
I . . . . .	31	15	16	7	4	5	0
II . . . . .	56	21	35				
III . . . . .	23	8	15				
8 mai :							
I . . . . .	93	31	62	39	11	12	
II . . . . .	112	25	87				
III . . . . .	13	3	10				
9 mai :							
I . . . . .	156	41	115	93	12	10	
II . . . . .	172	35	137				
III . . . . .	14	1	13				
10 mai :							
I . . . . .	57	20	37	27	1	9	
II . . . . .	58	18	40				
III . . . . .	8	3	5				
11 mai :							
I . . . . .	6	1	5	5			
II . . . . .	7	3	4				
III . . . . .	5	1	4				
12 mai :							
I . . . . .	13	4	9	6	0	3	
II . . . . .	14	3	11				
III . . . . .	2	1	1				
13-19 mai :							
I . . . . .	538	142	396				
II . . . . .	302	89	213				
20 mai-2 juin :							
I . . . . .	391	122	269	245	22	2	
II . . . . .	301	73	228				

Total des Hannetons tombés pendant la période du 3 mai au 2 juin dans les parcelles de contrôle :

Parcelle 1 :	5.628 individus, dont	2.099 ♂	et	3.529 ♀
Parcelle 2 :	8.173	»	»	2.770 ♂ et 5.403 ♀
Parcelle 3 :	338	»	»	149 ♂ et 189 ♀

Rapport ♂ : ♀, pour l'ensemble des observations : 1:1,8.

Le total de 14.139 individus dénombrés sur 178 m<sup>2</sup> correspond à une moyenne de 79 *Hannetons par m<sup>2</sup>*, soit par parcelles :

Parcelle 1 :	117 Hannetons par m <sup>2</sup>
Parcelle 2 :	74
Parcelle 3 :	17

La somme des ♀ examinées comportait 53 % d'individus mures, 15 % de demi-mures et 32 % d'insectes immatures en vol de retour.

L'examen du tableau XI montre que les chutes les plus nombreuses eurent lieu le jour du traitement, le lendemain et le surlendemain; le nombre des Hannetons tués par le dépôt insecticide décroît assez régulièrement depuis ce moment. Ce recul n'est pas dû à une diminution de l'efficacité du dépôt, mais résulte de la destruction massive des populations forestières, à la suite de laquelle les lisières étaient pratiquement débarrassées de ravageurs le 5 mai, ainsi que nous l'avons signalé précédemment.

L'augmentation du nombre des Hannetons ramassés les 8 et 9 mai est probablement consécutive à la reprise du vol forestier constatée le 7. Les captures de ces deux journées comportaient presque exclusivement des individus immatures en vol de retour, victimes de l'insecticide.

Nos observations indiquent une nette prédominance des femelles mures parmi les insectes tombés entre le 3 et le 5 mai; cette proportion se renverse par la suite au profit des individus au vol de retour. On peut en déduire que le traitement assura pendant les premiers jours la destruction massive des femelles prêtes à pondre et que la durée de son action suffit à empêcher toute maturation ultérieure dans la grande majorité des cas. La fréquence des individus immatures du vol de retour parmi les morts résulte des importants vols forestiers constatés les 3 et 4 mai, comme de la bonne persistance du dépôt insecticide.

C'est pour cette dernière raison également que les chutes d'insectes intoxiqués se poursuivirent jusqu'au début de juin. Seuls quelques rares individus arrivèrent à maturité et purent effectuer le vol de ponte après avoir séjourné à la lisière traitée, où la quasi-totalité de leurs congénères périt à la suite du contact ou de l'ingestion du dépôt insecticide.

Nos chiffres montrent que le produit tue les Hannetons à tous

les degrés de maturité et qu'on ne peut déterminer, chez l'adulte, de stade évolutif particulièrement susceptible. De même, femelles et mâles s'avèrent à peu près également sensibles à l'émulsion [cf. THIEM (33)]. Il pourrait sembler, toutefois, que les femelles sont plutôt moins résistantes que les mâles, puisque le rapport entre sexes comportait 1 mâle pour 1,8 femelles parmi les morts dans la zone traitée, contre 1 mâle pour 1 femelle, lors du contrôle des populations tombées des arbres secoués dans les secteurs témoins (cf. également graphique 3).

La densité de 79 Hannetons au m<sup>2</sup>, établie par le relevé de nos trois parcelles de contrôle, doit être considérée comme relativement forte, surtout lorsqu'on la compare à la proportion de 26 insectes pour 100 m<sup>2</sup> environ, soit 0,26 bestioles au m<sup>2</sup>, que nous notâmes au même moment dans les endroits non traités.

Les considérations précédentes permettent de conclure non seulement à l'anéantissement par notre émulsion de Gésarol des populations occupant la lisière au moment de l'application, mais encore, grâce à la persistance du produit, à la destruction certaine de la plus grande partie des insectes après-coup, ainsi que le démontrent la chute considérable et prolongée, d'insectes intoxiqués et la mesure où les arbres de la lisière étaient débarrassés des ravageurs 2 jours après le traitement.

2. EFFET DU TRAITEMENT SUR LA POPULATION DE VERS BLANCS. — Il faut tenir compte des trois considérations suivantes lors de l'estimation de l'importance des populations de Vers blancs apparues dans la contrée soumise à notre essai :

Comme nous l'avons souligné au chapitre V, les conditions météorologiques défavorables nous contraignirent d'entreprendre le traitement avec un retard de trois à quatre jours, de sorte qu'à cette date, un certain nombre de femelles étaient déjà parvenues à pondre dans les cultures. En outre, malgré les variations locales résultant des expositions particulières au soleil et au vent, vol et population de Hannetons furent beaucoup plus denses dans la zone traitée que dans l'ensemble des secteurs témoins (cf. p. 82).

Remarquons enfin que le climat de l'été 1949, ainsi que la sécheresse et la compacité du terrain qui en résultèrent, offrirent partout des conditions de développement extrêmement défavorables aux jeunes larves, dont la mortalité naturelle atteignait un taux considérable en automne, au moment de nos contrôles.

La diversité du *terrain expérimental* nous obligea de distinguer cinq zones, dans chacune desquelles la densité des Vers blancs fut évaluée séparément sur la base de sondages de 50 cm de profondeur s'étendant à 50 m<sup>2</sup> (cf. carte 2).

TABLEAU XII

Densité de Vers blancs dans les régions soumises à l'essai

ZONE	LOCALISATION	LARVES par m <sup>2</sup>
I	Grand rentrant du bois, alentour de la ferme de Rinting .....	1,2
II	Secteur de Bebing, de la première corne de bois traité au premier chemin de Rinting, avec limite sud à la route nationale .....	0,6
III	Secteur compris entre le premier chemin de Rinting et la corne de bois à gauche de Saint-Hubert, limité au sud par la route nationale.....	1,0
IV	Rentrant du bois alentour de la ferme de Saint-Hubert	2,3
V	Secteur situé au sud-est du rentrant de Saint-Hubert.	1,0
I - V	En moyenne .....	1,2

De toute la région soumise aux essais, la zone IV (rentrant du bois de Saint-Hubert) s'avéra la plus contaminée : le traitement y avait été appliqué avec un jour de retard sur une profondeur de lisière ne dépassant pas 20 m environ. Les femelles les plus précoces semblent avoir pondu dans le voisinage immédiat de la forêt, probablement en raison du vent; par contre le secteur fortement exposé en avant du rentrant (zone V) ne contenait qu'une population de Vers blancs de moitié plus faible.

Nous retrouvons la même relation entre les alentours de Rinting (zone I) et le compartiment de terrain précédent (zone II). Ce phénomène s'explique à la lumière des considérations suivantes : malgré le vent froid et violent des 1 et 2 mai, nous avons observé pendant ces journées une certaine activité de vol dans les endroits abrités; les insectes quittant ces zones de calme étaient immédiatement emportés ou tombaient à terre. Les femelles matures en vol de ponte furent en conséquence précipitées au sol à peu de distance de la lisière (100-200 m), où elles déterminèrent une ceinture de forte contamination.

Nous enregistrâmes la plus faible contamination dans la zone VI, où le sous-bois de la première tranche de forêt avait reçu un traitement d'émulsion 9255 à 0,5 %, appliqué au moyen d'une pompe à moteur, obligeamment mise à notre disposition par le Service de la Protection des Végétaux de Metz, en vue d'éprouver l'efficacité de ce mode de défense contre les Hannetons. Il semble que le succès obtenu à cette occasion contre les adultes

TABLEAU XIII

Densité des populations de Vers blancs dans les secteurs témoins

ZONE	LOCALISATION	LARVES par m <sup>2</sup>
VI	Droite de la route Rinting-Kerprich, jusqu'à la route Rinting-Sonnenberg-Langatte .....	2,3
VII	Route Rinting-Sonnenberg jusqu'à la route Sarrebourg- Haut-Clocher .....	2,7
VIII	Droite de la route Sarrebourg-Haut-Clocher.....	17,3
	En moyenne .....	7,4

exerça également une influence déterminante dans la restriction des populations de Vers blanc constatées par la suite dans la zone.

Notre expérience de lutte aérienne provoqua dans l'ensemble de la région soumise à l'essai, une diminution de 84 % du nombre des Vers blancs par rapport aux secteurs témoins, malgré l'effet des circonstances défavorables mentionnées plus haut.

Des sondages systématiques furent entrepris aux emplacements où les dégâts occasionnés par les larves en 1947-1948 étaient encore visibles, afin d'établir si ces localisations exercent régulièrement une attraction particulière sur les femelles en ponte. On ne put relever de différence entre la densité des Vers

TABLEAU XIV

Répartition numérique des Hannetons et des espèces apparentées parmi les larves scarabéiformes ramassées au cours des sondages

	SECTEUR D'ESSAI		SECTEUR TÉMOIN	
	nombre	%	nombre	%
<i>Melolontha melolontha</i> .....	276	70,2	588	95,7
<i>Amphimallus solstitialis</i> .....	60	15,3	—	—
<i>Phyllopertha horticola</i> .....	7	1,8	4	0,7
<i>Hoplia</i> sp. ....	4	1,0	22	3,6
<i>Otiorrhynchus</i> sp. ....	40	10,2	—	—
<i>Cetonia</i> sp. ....	6	1,5	—	—
	393	100,0	614	100,0

blancs à ces points et la normale du voisinage. Nous rapportons au tableau XIV la liste et la fréquence des espèces représentées dans l'ensemble des larves scarabéiformes ramassées au cours des contrôles.

La zone soumise à l'essai se distingue donc des secteurs témoins non seulement par l'invasion plus considérable de Hanneçons qu'on y remarquait avant le traitement, mais, d'une manière générale, par une plus grande richesse faunistique, notamment en ce qui concerne les *Amphimallus* et les *Otiorhynches*.

Les sondages firent en outre découvrir en grand nombre d'autres larves terricoles, des *Scolopendres* et des *Forficules*.

3. INFLUENCE DU TRAITEMENT SUR LA FAUNE FORESTIÈRE. — Comme lors des essais de 1948, nous consacraâmes une attention particulière à l'effet du traitement sur la faune sylvicole. Nous commençâmes nos observations dès avant l'application et pûmes constater, comme l'année précédente, combien la plupart des insectes sont peu actifs à l'époque du vol des Hanneçons. Outre le petit nombre des espèces représentées, la rareté des individus dans la région de Sarrebourg était particulièrement remarquable.

On trouvait, à la fin d'avril, des milliers de *Muscides* (*Lucilia*, *Sarcophaga*, *Muscidia*, etc.) sur les feuilles des buissons bordant la forêt, provenant vraisemblablement des excréments épars dans les pâturages voisins. Les *Raphidia* et les *Panorpa*, ainsi que les *Bibionides* restaient relativement peu fréquents, et les *Fourmis* étaient extraordinairement rares aux lisières. Les Chênes et les Hêtres portaient passablement *Operophtera brumata* L., accompagnées d'autres larves de *Macrolépidoptères*.

Afin de déterminer numériquement quels devaient être les *Arthropodes* affectés par le traitement forestier, nous disposâmes trois appareils collecteurs destinés à retenir automatiquement toutes les bestioles tombant des arbres dans leur rayon (env. 1 m<sup>2</sup>). Ces trappes étaient constituées d'une manière d'entonnoir en matière plastique fixé sur des pieux et débouchant dans un large récipient contenant une solution de formol (fig. 7). Les résultats de ces piégeages figurent au tableau XV.

Le total des 1.628 insectes affectés pendant la durée des observations par le revêtement toxique des arbres sur une superficie de 3 m<sup>2</sup>, soit 543 par m<sup>2</sup>, s'avère relativement bas. Les captures les plus importantes furent effectuées au jour du traitement, puis le nombre des victimes tombe les jours suivants déjà, à 150, chiffre auquel il se maintient à peu près constant jusqu'au 10 mai. On enregistre de nouveau un fort fléchissement, passé cette date.

Les *Diptères* dominent nettement parmi les espèces observées

TABLEAU XV

Résultat du traitement sur la faune sylvicole

	4/5	5/5	6/5	7/5	8/5	9/5	10/5	11/5	12/5	TOTAL
<i>Collemboles</i> . . . . .		1	1							2
<i>Thysanoures</i> . . . . .	2	3	2	1	2					10
<i>Copeognathes</i> . . . . .	6	3	3	1						13
<i>Thysanoptères</i> . . . . .	68	6	4	2	3	1	1		1	86
<i>Hétéroptères</i> . . . . .	50	18	17	1		2	2			90
<i>Cicades</i> . . . . .	11	34	22	6	5	3	3	1		85
<i>Psyllides</i> . . . . .		1								1
<i>Aptides</i> . . . . .	6	3	2	1		1		3	1	17
<i>Coccides</i> . . . . .	1		2				1			5
<i>Symphiles, larves</i> . . . . .	5	4	1					1		10
<i>Ichneumonides</i> . . . . .	10	2								12
<i>Cynipides</i> . . . . .	5	3			1	2				11
<i>Chalcidiens</i> . . . . .	39	3	5	2	5	4	3	2		63
<i>Formicides</i> . . . . .	1	1			1	2		1		6
<i>Coléoptères :</i>										
adultes . . . . .	38	15	9	1	4	6	4	1	2	80
larves . . . . .	21		2		2	2				27
<i>Hemerobides :</i>										
adultes . . . . .							1			1
larves . . . . .	2		3				1			6
<i>Lépidoptères :</i>										
adultes . . . . .			1		1	1				3
chenilles . . . . .	88	19	23	10	2	11	3	3	2	161
<i>Diptères :</i>										
adultes . . . . .	165	30	47	91	130	196	121	58	73	911
larves . . . . .		6	1				1			8
<i>Arachnides</i> . . . . .	4	3	5	1	2	3	1	1		20
TOTAL . . . . .	522	155	150	117	156	236	142	71	79	1.628

(56 % des captures), suivis par les Chenilles, (10 %), dont 71 % de *Cheimatobies*. Les *Thysanoptères*, les *Hétéroptères*, les *Cicades* et les *Coléoptères* sont aussi assez abondamment représentés. Les *Ichneumonides* et les *Chalcidiens*, qui doivent être comptés parmi les espèces utiles, sont relativement nombreux, également (4,6 %). On ne note par contre dans les autres catégories d'auxiliaires que 2 *Coccinelles*, 1 *Carabe* et 1 *Syrphide*. Bien que le total quotidien des insectes affectés par le traitement régresse fortement du 5 au 7 mai pour la plupart des espèces, la cadence des chutes reste presque constante pour les *Diptères*, pendant toute la durée des observations. Ceci s'explique par la grande susceptibilité de ces insectes et par le fait que les individus en provenance des campagnes voisines ne cessaient de gagner le feuillage traité, où ils devaient trouver la mort. Le dépôt toxique

paraît avoir considérablement décimé les Chenilles au cours des 6 jours suivant l'application.

Nous pouvons conclure de nos constatations qu'une partie de la faune des lisières (et plus particulièrement les *Muscides*, dont la sensibilité est bien connue) fut indubitablement détruite par l'application insecticide. On remarque cependant que la mortalité parmi les insectes, à l'exclusion des *Diptères*, devient négligeable au bout de quelques jours; il convient en outre d'admettre un rétablissement rapide des populations du fait que la plus grande partie du bois était demeurée sans traitement. Si l'on considère enfin, que la destruction des Hannetons fut entreprise à une époque où l'activité des autres espèces forestières était encore extrêmement limitée, il devient évident que la faune locale ne peut avoir sensiblement pâti des mesures de lutte.

4. INFLUENCE DU TRAITEMENT SUR LES ABEILLES. — Nous consacra mes cette année encore une attention particulière à l'étude de la menace que le traitement pouvait constituer pour les Abeilles butinant en forêt. Bien que nous ayons constaté, en 1948, qu'un épandage de poudre de Gésarol sur les lisières ne présente pas de danger pour elle, l'emploi en 1949, d'une forme de produit émulsionnée imposait un nouvel examen du problème (\*).

La région soumise à nos essais était pauvre en Abeilles : elle comprenait 18 ruches au village de Bebing, et une seule au domaine de Rinting, respectivement distantes de 800 et de 300 m de la lisière traitée la plus proche. Nous disposâmes des feuilles de papier devant les entrées des 19 ruches, afin de contrôler le déchet dans les essaims pendant toute la durée de notre expérience. Nous ne recueillîmes que quelques cadavres isolés, ce qui correspondait à un taux de mortalité absolument normal.

Nous remarquâmes, au cours de nos nombreux contrôles en forêt, que les Abeilles ne butinaient jamais dans les parties traitées, ni dans la couronne des Chênes en pleine floraison à cette époque. Les insectes semblent rechercher avant tout les prés et les pâturages, pratiquement fleuris pendant toute la saison et négligent de ce fait les surfaces boisées.

Nous basant sur la méthode préconisée par la Station fédérale de Liebefeld (Berne), nous procédâmes de la manière suivante pour déterminer le danger que présente l'émulsion pour les Abeilles atteintes directement : 3 cages de treillis (fig. 7) munies de sirop et contenant chacune 10 Abeilles, furent fixées, peu avant l'application, à des buissons de la lisière au voisinage du

(\*) Nous devons les observations suivantes au travail de notre collaboratrice Mlle LOTMAR.

poste de contrôle n° 1. Les parois des cages portaient de nettes éclaboussures d'émulsion à la fin du traitement. Les sujets des cages 1 et 2 périrent tous au cours des 24 heures suivantes, ceux de la cage 3 après 24-48 heures. Nous vérifiâmes par la suite la toxicité des cages sur des mouches domestiques, en laboratoire : les deux premières étaient effectivement plus actives que la dernière qui n'avait probablement reçu qu'une faible quantité d'insecticide.

D'autres essais de laboratoire, au cours desquels les Abeilles furent placées sur des feuilles traitée de végétaux divers, montrèrent que le produit est surtout mortel *lorsqu'il vient d'être appliqué* alors que sa toxicité diminue considérablement après le dessèchement du dépôt et la cristallisation de la substance active. D'une manière générale, on peut établir que les insectes sont nettement moins incommodés par le feuillage empoisonné lorsqu'on les place immédiatement après le contact en thermostat à 30° C., température correspondant à celle qui règne dans la ruche. Ces observations confirment les remarques de HÄFLIGER (10), relatives à une augmentation de la résistance aux produits-D.D.T. chez les Abeilles, aux températures élevées.

## VII. — Conclusions

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes de notre essai de lutte contre les Hannetons par le traitement des lisières :

Le traitement des lisières assure la destruction complète des populations locales de ravageurs au bout de deux à trois jours.

Alors que notre expérience de 1948 n'avait connu qu'un succès partiel du fait de la résistance insuffisante aux intempéries de la poudre de Gésarol utilisée, l'emploi de l'émulsion de Gésarol 9255 permit d'obtenir cette année un dépôt persistant, capable de faire périr les Hannetons gagnant les plus tardivement la forêt. L'efficacité de l'application se fit sentir pendant 150 jours, malgré les précipitations de l'été et de l'automne.

On peut admettre que notre essai atteignit son objet puisqu'il provoqua par la suite une réduction de 84 % dans les populations de Vers blancs, malgré le fait que le traitement dut être effectué avec un retard de 3 jours, en raison de conditions météorologiques défavorables.

Du point de vue de l'application aérienne proprement dite, l'appareil Piper Cub L4 s'est avéré parfaitement utilisable, pour le traitement des lisières, entre les mains d'un bon pilote, si bien que ce problème peut actuellement être considéré comme réglé.

Bien entendu, l'émulsion Gésarol 9255 se prête aussi bien à un emploi par pulvérisateur terrestre ou par hélicoptère.

Il ressort de notre essai que trois facteurs contribuent à déterminer d'une manière décisive les succès ou l'échec de la lutte, par l'influence qu'ils exercent sur le choix du moment le plus propice au traitement; ce sont: l'état de la végétation, le degré de maturité des femelles, enfin et surtout les conditions météorologiques.

Si la frondaison forestière est insuffisamment formée au moment de l'apparition des premières femelles matures, l'application doit être différée, faute de quoi le feuillage se développant ultérieurement restera sans protection et une grande partie des ravageurs réussira à se soustraire à l'insecticide.

Il n'est cependant pas nécessaire d'attendre la feuillaison complète de toutes les essences, puisque les Hannetons effectuent certains déplacements diurnes en lisière et qu'ils séjournent pendant 8-10 jours en forêt avant d'être prêts à la ponte.

Soulignons, toutefois, qu'il est indispensable que la plupart des arbres soient feuillés au moment du traitement.

Les circonstances météorologiques peuvent entièrement bouleverser le programme de lutte. On risque d'assister impuissant à un fort vol de ponte, par exemple lorsque le degré de maturité des hannetons et le développement de la frondaison sont propices à l'application, mais que des intempéries (pluie ou vent violent) contraignent d'en différer la date. Bien que la mise en œuvre du pulvérisateur terrestre soit un peu plus indépendante des conditions météorologiques, elle n'en demeure pas moins soumise, en principe, au même aléa.

Il est donc évident que le développement de la végétation forestière, la maturité des Hannetons et l'aspect du temps constituent les points délicats de l'opération. Nos expériences montrent qu'il est néanmoins possible de traiter à l'instant favorable et de remporter, en conséquence, un succès satisfaisant. La réussite fut obtenue principalement, grâce à l'émulsion Gésarol 9255 dont l'efficacité et la persistance permirent de réaliser, en une seule application bien dirigée, une neutralisation remarquable des ravageurs.

Nous sommes en mesure de faire les recommandations suivantes pour la détermination de la date de traitement lors d'une campagne de lutte contre le Hanneton en lisières.

Il importe premièrement d'établir le degré de maturité des femelles par des contrôles quotidiens en forêt. Cette opération s'effectue fort simplement en déchirant l'abdomen des individus capturés et en considérant le développement de leurs ovaires. L'application insecticide doit être entreprise lorsque 10 % des

femelles environ contiennent des œufs entièrement formés. On y procédera sans hésiter, même si la feuillaison n'est pas complète, puisque la persistance de l'émulsion assurera sans doute la destruction des insectes dont la maturation exige un séjour d'une dizaine de jours en lisière au cours duquel ils effectuent de continuel déplacements locaux. Il est malheureusement impossible d'influencer les conditions météorologiques : on tentera l'opération tant qu'elles ne s'avéreront pas absolument impraticables. L'emploi de l'avion permet particulièrement bien de mettre immédiatement à profit chaque instant favorable.

### VIII. — Résumé

*Le présent essai de lutte contre le Hanneton au cours de son activité nutritive de maturation fut effectué aux lisières sud des bois de Rinting et d'Oberwald, près de Sarrebourg. Il s'agissait dans les deux cas de Hêtraies parsemées de Chênes.*

#### 1. Cadre écologique de l'essai.

*La densité des populations d'insectes parfaits dans les terrains avoisinants variait de 4,5 à 10 individus par m<sup>2</sup>.*

*La sortie des Hannetons, contrôlée au moyen de quatre écrans d'une superficie totale de 24 m<sup>2</sup> eut lieu du 21 avril au 12 mai (21 jours), à raison de 4,7 insectes par m<sup>2</sup>, parmi lesquels 34 % de ♂ et 66 % de ♀. La sortie ne s'effectua que par des températures méridiennes supérieures à 10-12° C.*

*Le vol forestier dura presque un mois (14 avril au 13 mai) avec une intensité importante les 17, 18, 21, 24 et 28 avril, ainsi que le 3 mai. Ce vol ne s'effectua que par des températures crépusculaires supérieures à 10° C. à 20 heures. Les deux sexes y participèrent; 90 % des femelles gagnant la lisière étaient encore immatures. On observa des vols forestiers diurnes lorsque la température crépusculaire de la veille n'avait pas atteint 10° C.*

*La frondaison forestière, celle des Hêtres en particulier, n'atteignit son plein développement que le 2 mai, soit relativement tard. Les Chênes et les Hêtres constituèrent les essences les plus envahies, alors que les Cerisiers sauvages restèrent peu attaqués et que les Frênes demeurèrent indemnes. Dans la zone soumise aux essais, seul un nombre négligeable d'individus accomplit sa maturation sexuelle sur les haies, formées en majeure partie de Prunelliers et d'Aubépines.*

*Le groupement irrégulier des ravageurs en lisière fait l'objet*

d'un examen détaillé fournissant une explication du phénomène.

Le vol de ponte auquel ne prirent part exclusivement que des femelles en pleine maturité, débuta en fin d'avril, pour atteindre son maximum les 3 et 5 mai au soir. Le vol forestier commençait chaque soir 15-20 minutes avant le vol de ponte; le même intervalle séparait quotidiennement le moment des passages les plus fréquents dans chaque direction.

Le vol crépusculaire se trouva progressivement retardé, d'avril à mai, au fur et à mesure de l'allongement des journées.

## 2. Essai de lutte

L'application fut effectuée au moyen d'un Piper Cub L4 (vitesse de vol minimum : 90 km/h; charge utile : 90 kg). Le pulvérisateur utilisé consistait en une buse Venturi, du type décrit par RICE et al (22), modifié pour la circonstance. La formation d'une nappe insecticide de 10 m de largeur assura la répartition la plus favorable du produit. Le choix de l'insecticide se porta sur un produit-D.D.T., l'émulsion de Gézarol 9255, à une dilution d'emploi de 15 % de substance active.

La date du traitement fut fixé au 30 avril, sur la base des considérations biologiques, mais les conditions météorologiques défavorables nous contraignirent à la reporter aux 3 et 4 mai; plus de 40 % des femelles en lisière avaient atteint à ce moment la maturité sexuelle.

Le déroulement de l'opération ainsi que les remarques du pilote sont exposés en détail.

La densité du traitement comporta, 3,9 kg de matière active à l'ha. Le dépôt obtenu sur le feuillage s'avéra remarquablement résistant aux intempéries. La surface protégée s'étendit à 36 ha, soit à une bande de lisières longue de 10,3 km et large de 35 m, en moyenne, impliquant la dépense de 933 l de bouillie, soit 26 l/ha.

Le coût de l'opération s'éleva à fr. s. 130 par ha de forêt, soit fr. s. 455 par km courant de lisière traitée sur une profondeur moyenne de 35 m. Dans les conditions d'application favorables il suffirait de traiter une profondeur de 10 mètres environ de la lisière; ainsi le prix de revient du traitement du kilomètre de lisière est réduit à fr. s. 260.

Efficacité de l'application. Les Hannetons intoxiqués commencèrent à tomber des arbres dès la fin du traitement; l'orée des bois soumis à l'essai était pratiquement débarrassée de ravageurs après 2-3 jours, au contraire des zones témoins.

La chute des insectes fut contrôlée sur 3 parcelles d'une superficie totale de 178 m<sup>2</sup>. On recueillit en moyenne 79 Hannetons

par m<sup>2</sup>, contre 0,26 seulement, dans les secteurs non protégés. L'application n'entraîna pas seulement la mort des individus présents lors du traitement, mais, grâce à la remarquable persistance du dépôt insecticide, assura également la destruction des Hannetons gagnant la forêt par la suite.

En ce qui concerne les populations subséquentes de Vers blancs, la densité de l'invasion variait entre 2,3 et 17,3 larves au m<sup>2</sup> dans les secteurs témoins, contre 0,6 et 2,3 seulement, dans la zone soumise à l'essai, si bien que l'opération de lutte provoqua, en moyenne, une réduction de 84 % dans le degré d'attaque.

Notre expérience a donc obtenu un succès satisfaisant, malgré la date retardée du traitement.

L'influence de l'application sur l'ensemble de la faune forestière et sur les Abeilles est étudiée en détail.

Le dernier chapitre fait état des conclusions à tirer de la réussite de l'entreprise, ainsi que de recommandations relatives à la pratique de la lutte contre le Hanneton en lisière des forêts.

(Section biologique du département de  
lutte antiparasitaire des Labora-  
toires, J.-R. GEIGY, S.A., Bâle.)

### Summary

This paper deals with a field-test in which it was attempted to control the *cockchafer* during its maturation feeding. The chosen area was the Southern border of the Rinting and Oberwald woods, near Sarrebourg (Alsatia, France). In both cases the woods consisted of beeches with a number of oak-trees.

#### 1. Ecological data

The *density* of the cockchafer population (imagines) in the neighbouring ground varied from 4,50 to 10 insects per square metre.

The *emergence of the cockchafers* was checked with 4 screens measuring altogether 24 sq.m., between April 21<sup>st</sup> and May 12<sup>th</sup> (21 days). 4,7 insects were found per sq.m. and they were composed of 34% ♂♂ and 66% ♀♀. The beetles came out only when the mean temperature was superior to 10-12° C.

The *wood-flight* of the insects lasted nearly a month (14<sup>th</sup> April-13<sup>th</sup> May) with a maximum of intensity on April 17<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup>, 21<sup>st</sup>, 24<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup> as well as on May 3<sup>d</sup>. The flight could only be observed when the temperature at 8 p.m. on the preceding day was 10° C.

Both sexes took part in this flight, 90 % of the ♀♀ that reached the border of the forest, were still immature. Flights towards the wood during day-time were observed when the temperature on the preceding evening was below 10° C.

The trees of the wood — particularly the beeches — were covered with leaves as late as May 2<sup>nd</sup>. Oaks and beeches were attacked most, whereas the wild cherry-trees were little attacked and ash-trees were not attacked. In the area where the tests were carried out, only a very small number of insects reached their sexual maturity, on hedges consisting chiefly of sloe-bushes and hawthorn. The irregular distribution of the pests on the borders of wood is examined in detail and an explanation of this fact is attempted.

The *field-flight* began at the end of April and reached its maximum intensity on the 3<sup>d</sup> and 5<sup>th</sup> of May, during the evening; only completely mature ♀♀ joined that flight. At the beginning of May, the flight towards the fields occurred as well during the day as during the evening. The field-flight began each evening 15 to 20 minutes before the wood-flight. The same interval of time separated the most frequent passages in each direction. The evening flights began progressively later as the days were getting longer from April to May.

## 2. Technical data

The insecticide was applied with a Piper Cub L 4 (minimum speed 90 km/h; useful load 90 kgrs). The spraying apparatus used was the Venturi nozzle after RICE *et al*, slightly modified and adapted to our needs. The most favourable distribution of the product was reached by the formation of a stripe 10 m broad.

As insecticide we used a D.D.T.-product, the Gesarol Emulsion 9255, diluted so as to contain 15 % of the active ingredient.

The treatment had been planned for April 30<sup>th</sup> because of the ecological data which we had gathered, but the meteorological conditions obliged us to postpone the operation until May 3<sup>d</sup> and 4<sup>th</sup>. Over 40 % of the ♀♀ on the forest borders had then reached the sexual maturity.

The operation and the observations of the pilot are given in detail.

After the treatment, 3,9 kgrs of the active ingredient were dispersed per hectare. The deposit obtained on the leaves proved to be remarkably resistant to weather conditions.

The treated surface was 36 hectares, viz. a border band of 10,3 km in length having a mean depth of 35 m. 933 litres of spray were used, a quantity representing 26 litres per hectare.

The total costs of the treatment were 130 Swiss francs per hectare of forest or 455 Swiss francs per km of a forest border of 35 m depth. If the application is performed at the correct time, it should be sufficient to treat a stripe of 10 m depth. This being so, the costs would be 260 Swiss francs per km of forest border.

### 3. Efficiency of the treatment

Shortly after the treatment, the intoxicated cockchafer began to fall from the trees and 2 or 3 days after the treatment the border of the wood was practically free of beetles, contrarily to the untreated lots.

The falling of the beetles was checked on 3 lots which measured together 178 sq.m., 79 beetles were collected per sq.m. whileas only 0,26 were found per sq.m. on the untreated area.

The treatment did not only result in the death of those beetles which were present when the application was made, but thanks to the lasting effect of the insecticide, the cockchafers which reached the forest afterwards were also destroyed.

On the untreated areas the white grubs numbered from 2,3 to 17,3 per sq.m. In the treated areas these figures were 0,6 to 2,3. The treatment reduced the population of white grubs of 84 %. Our test was therefore successful in spite of the late treatment.

The influence of the treatment on the forest fauna as a whole and on bees was studied in detail.

The last chapter gives the conclusions that can be drawn from the successful test as well as recommandations on the practical control of cockchafers in forest borders.

### BIBLIOGRAPHIE

- (1) BALLU (T.). — La lutte contre les hannetons (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 331-33, 1949).
- (2) BIERI (W.). — Kümmerformen von *Melolontha vulgaris* L. als Trockenheitsfolge (*Mitt. schweiz. entomol. Ges.*, 22, pp. 125-126, 1949).
- (3) BLUNCK (H.). — Der Stand der Maikäferfrage (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz*, 47, pp. 257-277, 1937).
- (4) BLUNCK (H.). — Ueber die Ursachen des Massenwechsels von *Melolontha melolontha* L. (*VII. Int. Kongress f. Entomologie Berlin*, Sekt. 7a, pp. 2175-2189, 1938).
- (5) BRANDRUP (G.). — Die Maikäferbekämpfung des Jahres 1932 im Nusswinkel (Westhavelland) (*Arb. Landwirtschaftskammer Prov. Brandenburg u. Berlin*, 84, p. 32, 1932).
- (6) CAIRASCHI, COUTURIER, HARRANGER, ROBERT et ROLLAND. — Essais de lutte contre le hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) dans la haute vallée de la Saône au printemps 1949 (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 537-541, 1949).

- (7) DÉCOPPET (M.). — Le hanneton. Biologie, apparition, destruction; un siècle de lutte organisé dans le canton de Zurich; Lausanne et Genève, 1920.
- (8) ECKSTEIN (K.). — Maikäferbekämpfung (*Forstl. Wochenschrift Silva*, 20, pp. 289-292, 1932).
- (9) FRANK (A.). — Der Maikäferflug 1939 in Bienwald. Bericht über die Messungen des Meteorologischen Institutes der Forstlichen Versuchsanstalt in München während des Maikäferfluges 1949 in Bienwald (*Forstwiss. Centralbl.*, 61, pp. 581-589, 1939).
- (10) HÄFLIGER (E.). — Der Einfluss der Temperatur auf die Giftwirkung des DD'T bei Honigbienen (*Apis mellifica* L.) (*Experientia*, 4, p. 223, 1948).
- (11) GASSER (R.). — Expériences sur la lutte contre les hannetons (*Melolontha melolontha* L.). 2<sup>e</sup> Congrès international de la Défense des végétaux. Londres, juillet 1949.
- (12) KELLER (H.). — Vorarbeiten zur Maikäferaktion 1949 (*Interner Bericht an die TKS*, N° 112).
- (13) MAYER (K.). — Die Maikäferbekämpfung in Pommern im Jahre 1938 (*Z. f. Pfl. krankheiten und Pfl. schutz*, 50, pp. 494-500, 1940).
- (14) MEUNIER (K.). — Experimentelles über den Schwärmtrieb und das periodische Auftreten verschiedener Aktivitätsformen beim Maikäfer (*Melolontha melolontha* L.) (*Z. angew. Ent.*, 14, pp. 91-139, 1928).
- (15) NEU (W.). — Beiträge zur Biologie des Feldmaikäfers (*Melolontha melolontha* L.). I. Die Schwärmbahnen des Feldmaikäfers (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz*, 51, pp. 443-444, 1941; u. *Z. f. Morph. u. Oekol. d. Tiere*, 37, pp. 565-583, 1941).
- (16) NEU (W.). — Der Maikäferflug an der Bergstrasse 1941 (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz*, 52, pp. 249, 1942).
- (17) RÉGNIER (R.). — Résultats de l'enquête et des récentes recherches sur les hannetons (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 27, pp. 235, 1941).
- (18) RÉGNIER (R.). — Les recherches sur les hannetons. Doit-on continuer à préconiser le hannetonage? (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 32, pp. 799-804, 1946).
- (19) RÉGNIER (R.) et JORAY (P.). — La lutte contre les vers blancs (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 528, 1949).
- (20) RÉGNIER (R.) et ARNOUX (J.). — Recherches sur la biologie des vers blancs de première année (*Melolontha melolontha* L.). Etude des moyens de lutte (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 32, pp. 807-811, 1946).
- (21) RÉGNIER (R.) et HURPIN (B.). — Résultats des recherches de 1948 sur le hanneton commun (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 34, p. 1014, 1948).
- (22) RICE (E.I.), JOHNSTONE (H.F.) and KEARNS (C.W.). — A simple Exhaust Aerosol or Spray Generator for dispersing Insecticide Solutions (*Journ. Ec. Ent.*, 39, pp. 652-658, 1946).
- (23) RIGGERT (E.). — Beobachtungen und Untersuchungen über den Maikäferflug 1938 in Ostholstein (*Arb. Physiol. und angew. Entom.*, 6, pp. 367-378, 1939, u. 7, pp. 59-66, 1940).
- (24) RHUMBLER (L.). — Maikäferflüge in Münden (*Verh. dtsch. Ges. angew. Entomol.*, 30, 1926).
- (25) SACHTLEBEN (P.). — Versuche zur Maikäferbekämpfung mit arsenhaltigen Stäubemitteln (*Arb. Biol. Reichsanst. Dahlem*, 15, pp. 19-46, 1928).
- (26) SCHNEIDER-ORELLI (O.). — Die Maikäferflugjahre in der Schweiz nach dem Stande der Untersuchungen von 1948 (*Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau*, 58, pp. 105, 1949).
- (27) SCHNEIDER-ORELLI (O.) und BRAUN (W.). — Die Grenzverschiebungen zwischen Berner- und Urnerflugjahrsgebieten des Maikäfers in der Umgebung von Zürich (*Ber. schweiz. Bot. Ges.*, 53 a, p. 500, 1943).
- (28) STEUDEL (W.). — Die Maikäferbekämpfung 1940 mit Dinitro-o-kresol im Nusswinkel bei Rathenow (*Arb. phys. angew. Entom.*, 8, pp. 1-26, 1941).
- (29) TROUVELOT (B.), ACHARD (J.) et POUTIERS (R.). — « L'Opération hanneton » d'Etrépagny (Eure) (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 531-537, 1949).
- (30) TROUVELOT (B.), RAUCOURT (M.), VIEL (G.) et CHEVREL (J.). — Etude sur les traitements antiparasitaires agricoles par voie aérienne (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 121-122, 1949).
- (31) TROUVELOT (B.). — Observation. (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 35, pp. 334-335, 1949).

- (32) THIELMANN (K.). — Beiträge zur Maikäferbekämpfung im Walde unter besonderer Berücksichtigung des Bienwaldes (Pfalz) (*Forstwiss. Centralbl.*, 61, pp. 562-600, 1939).
- (33) THIEM (H.). — Die Maikäferbekämpfung mit neuzeitlichen Insektengiften (*Nachrbl. dtsh. Pfl. schutz - Dienst*, 1, pp. 4-5, 1947).
- (34) VIEL (G.). — Etudes de laboratoire sur l'efficacité de substances chimiques envers les hannetons et leurs larves (*C. R. Ac. Agr. Fr.*, 32, pp. 804-807, 1946).
- (35) WIESMANN (R.), GASSER (R.) und GROB (H.). — Versuch zur Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) durch Flugzeugbehandlung mit DDT-Stäubemittel (*Mitt. schweiz. Ent. Ges.*, 13, pp. 1-36, 1950).
- (36) WIESMANN (R.) und GASSER (R.). — Fünf Jahre Erfahrungen in der Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) und Beobachtungen zu seiner Oekologie (*Z. f. Pfl. krankheiten und Pfl. schutz*, 1950).